научно–аналитический журнал

«ИННОВАЦИИ и ИНВЕСТИЦИИ»

№10 2026

Подписной индекс Роспечати: 65039
ISSN 2307-180X

Издается с 2004 года
Выходит ежемесячно

Часть 1: ЭКОНОМИКА

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

Издается в двух частях

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 экономики и управления 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 30.10.2026.
Тираж 99 экз. Формат А4. Свободная цена

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

Содержание

УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ

Концептуальная модель механизма развития стратегического предпринимательства организации с учётом инновационного фактора. Бурков А.Г. 5
Экосистемная интеграция в инновационной трансформации бизнес-моделей розничной торговли. Кравченко Е.С. 8
Региональные строительные кластеры как драйвер инновационного развития и инвестиционной активности мезотерриторий. Куликова И.Ю. 11
Методический подход к оценке инновационного потенциала отраслей экономики региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения. Махонич И.В. 15
Инновационные технологии и цифровой рубль в современной экономике. Черненко В.А., Минаев Н.В., Поляцкий В.В. 19
Конфликт операционной эффективности и инновационного потенциала: микроэкономический анализ на примере проектного управления. Салахов Р.Л. 22
Инструменты инновационного развития в сфере туризма: мировой опыт применения. Тесленко И.Б., Стоян А.А. 26
Концептуальные основы применения гибридного инструментария стимулирования инновационной деятельности в наукоемких секторах промышленности в условиях импортозамещения. Туканова А.А. 29
Применение цифровизации и инновационного менеджмента в экосистемах крупных китайских корпораций: проблемы и перспективы. Чжоу Юй, Чжао Ясинь 33
Применение логико-структурного модельного представления цифровой трансформации при анализе инструментов государственной инновационной политики. Эдер А.В. 37

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Архитектура программных средств моделей инвестиционных проектов. Безручко Д.С., Ильин И.В. 41
Двухкомпонентная модель оценки инвестиционного проекта. Дзигора М.Ю. 45
Развитие инвестиционно-инновационного климата региона: комплексный подход. Соколов П.С., Ковалев Н.А. 49
Преобразующие инвестиции как инструмент структурной трансформации региональной экономики (на примере Владимирской области)». Шувалов Е.А., Тесленко И.Б. 52
Оценка инвестиционной активности субъектов малого и среднего предпринимательства агропромышленного комплекса. Егикян А.Р. 55

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ ЭКОНОМИКИ

Эволюция института оценивания высшего образования в кнр: от директивного планирования к рейтинговой конкуренции. Ван Кайпэн . 58
Стратегические направления цифровой трансформации экономики России в условиях внешних вызовов. Кудряшова Ю.С. 61
Исследование эффективности конверсии финансовых результатов под влиянием инвестиций в цифровые интеллектуальные технологии: на примере логистической компании sf express. Лю Цзицзянь 64
Теоретические основы налогового стимулирования частных инвестиций в контексте неоклассического и кейнсианского подходов. Шестаков А.А. 68

МИРОВОЙ ОПЫТ

Мировой опыт развития интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры. Цаликова К.Р., Шумовский Д.В., Бабичев Е.С. 72
Асимметричное проявление энергетического кризиса ес в Германии, Польше, Венгрии и Испании. Васюк М.А. 76
Изменение структуры и географии экспорта российской нефти в условиях 20-го пакета санкций ЕС. Газдиев И.И., Татулян К.А., Гафурова К.Р. 80
Стратегические нефтяные резервы Китая как фактор стабильности мирового нефтяного рынка. Грекова О.Р. 84
Экономика и воспроизводство человеческого капитала в Китае и Индии: влияние образовательных расходов, науки и демографических особенностей. Давыдова Р.Ю. 87
Оценка влияния искусственного интеллекта и цифровой зрелости на эффективность международного экономического сотрудничества. Добровольский В.В. 91
Проектное управление в туристской сфере КНР: состояние, тенденции и ресурсное обеспечение. Жэнь Сяотун 94
Вторичная (техногенная) ресурсная база критических минералов центральной Азии в условиях углеродного регулирования: cbam как драйвер низкоуглеродной переработки. Машина А.Д. 98
Инфляция и власть в Венесуэле: от нефтяного кризиса к неустойчивой стабилизации. Сергеева А.А. 102
Международная интеграция инновационных экосистем: содержание, предпосылки и механизм. Фу Бинциен 105
Анализ влияния прямых иностранных инвестиций из стран еаэс на Вьетнам и их воздействия на вьетнамскую экономику. Чан А.М. 108
ШОС и БРИКС как инструменты продвижения многополярности Китаем и Россией. Черемисин М.А. 112
Управление логистическими цепями поставок сжиженного природного газа в условиях трансформации энергетических рынков. Шабан А.П., Жуков В.В., Скворцов А.В. 114
Сравнительный анализ эффективности деофшоризационных мер в России и странах ЕАЭС: влияние на национальный инвестиционный климат. Шипов С.Н. 118
Сравнительный анализ эффективности зон с преференциальным режимом России и Китая в условиях волатильности глобальных рынков. Волков В.И., Рондалева Т.В., Капланян Г.О. 122
Оценка эволюции ценового бенчмарка JKM в контексте фрагментации мирового рынка сжиженного природного газа. Катюха П.Б., Назаров С.С. 126
Ресурсный потенциал и инвестиционная привлекательность месторождений редкоземельных металлов России: сравнительный анализ. Федорова В.А., Михайлова А.А. 129

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ. МЕНЕДЖМЕНТ. МАРКЕТИНГ

Инструменты и механизмы реализации стратегии развития экологического маркетинга. Берко А.В. 132
ESG-повестка в развитии компаний нефтесервисной отрасли России в условиях импортозамещения. Блаженкова Н.М., Гусейнов оглы М.М. 135
Руководство вузом на пути к технологическому лидерству. Бондарчук Н.В. 139
Цифровые корпоративные платформы как инструмент развития корпоративной культуры и внутренних коммуникаций: количественная оценка пользовательского опыта. Кочеткова Д.Д., Гостилович А.О., Русаковский Д.В. 142
Влияние технологий искусственного интеллекта на устойчивость бизнес-моделей организаций в условиях цифровой трансформации. Дин Янцзяи, Линь Ятин 146
Организация и ресурсное обеспечение строительства модульного гостиничного комплекса: поточное планирование, геодезический контроль и инженерные ресурсы. Луков А.В., Жилкина Л.П. 150
Повышение эффективности процессов послепродажного обслуживания клиентов ит-консалтинговой компании с использованием интеграционной платформы. Фролов Ю.В., Кайгородцев М.Я. 154
К вопросу о природе риска и методах его учёта в управлении экономическими системами. Коровин Д.И. 158
Инструменты снижения рисков ценового прогнозирования в стратегическом планировании нефтегазовых компаний. Кох Л.В., Матюшин Д.В. 161
Влияние организации управленческого труда на использование рабочего времени и организационные потери на высокотехнологичных предприятиях. Краев М.Ю. 165
Влияние сервитизации на устойчивость промышленных предприятий в условиях санкционного режима. Кузьмина О.А. 168
Формирование стратегии коммерциализации нового девелоперского продукта. Мельницына М.И., Заремба В.Е. 171
Развитие моделей адаптивного управления в менеджменте: от кибернетического подхода к антихрупким системам. Михалева М.П., Стрижов С.А. 175
Разработка комплексной модели оценки эффективности управления персоналом банка. Никольский К.Д. 178
Кластерно-гибридная модель товарных рекомендаций для корпоративных онлайн-закупок. Моисеев Н.А., Одоевский И.И. 181
Оценка экономической эффективности цифровых инструментов в fashion-индустрии: систематизация подходов и выявление методических пробелов. Павлов Т.П. 185
Корпоративные подкасты как инструмент формирования доверия к бренду. Рытик Ю.А. 189
Инициативное изобретательство в экономике знаний: уровни, типы и концепции. Самосват А.С. 193
Цифровизация проектного управления в сфере дорожного ГЧП. Самыловских Д.В. 196
К вопросу об управлении рисками дорожно-инфраструктурного проекта на основе ГЧП. Самыловских Д.В. 198
Матрица корреспонденции компетенций и KPI как инструмент управления производительностью труда на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Суравцова А.А., Брусов К.В. 200
Применение и оценка эффекта от внедрения сервисной модели в наукоемких организациях в связи с трансформации покупательской ценности продукции. Чурсин Р.А., Санду Д.И., Пестов А.С., Таржманова Р.Ш. 203
Оценка и направления совершенствования организационной культуры компании в сфере муниципальных услуг. Юркова И.Г., Антонова А.В. 206
Применение компетентностного подхода в процессе формирования кадрового резерва. Юркова И.Г., Каткова Ю.Э., Мезужок М.В., Балакина Е.В. 209
Индекс организационно-экономической витальности как инструмент диагностики устойчивости малых инновационных предприятий в условиях цифровой трансформации. Ян Чэньдун 212
От обнаружения процессов к бизнес-ценности: методология корпоративной процессной трансформации. Ярошенко К.Ю. 216
Динамическая оценка эффективности обучения резерва руководителей предприятий оборонно-промышленного комплекса России. Голубев С.С., Климова П.А. 220
Персонализация клиентского опыта в малом бизнесе: алгоритмы обработки цифровых следов и их влияние на лояльность потребителей. Качанов А.С. 224
Проблемы системы управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях. Рассадин В.М. 228

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕЙ И РЕГИОНОВ. ГОСУДАРСТВЕННОЕ И МУНИЦИПАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Рынок труда в условиях экономической трансформации: вызовы и адаптационные механизмы. Абрамов А.О. 231
Государственная поддержка малого и среднего предпринимательства в Республике Саха (Якутия): результативность действующих инструментов и направления их перенастройки. Данилова Л.И., Абрамова А.К. 234
Рациональное природопользование предприятий кабельной промышленности в системе устойчивого развития региона. Айрапетов О.Р. 238
Выбор метрик эффективности цифровой наружной рекламы в омниканальных коммуникациях: модель согласования целей, данных и доказательности. Батталова Ж.А., Вакарюк М.Е. 241
Цифровизация экономических соглашений в России: проблемы и перспективы. Бездудная А.Г., Погорельцев А.С., Салимьянова И.Г. ... 245
Факторы, определяющие конкурентоспособность табачной отрасли России в современных экономических условиях. Борисов К.Д. 248
Условия доступа субъектов малого и среднего предпринимательства к различным инструментам промышленной поддержки. Бухаров А.Д. 251
Динамика и структурные сдвиги в агропромышленном комплексе России в 2014–2024 гг.: аналитический обзор отраслевой статистики. Викентьева К.Г. 255
Анализ эффективности реализации скорректированного плана развития авиационной промышленности России: риски, проблемы и перспективы. Гребенюк А.А. 259
Методический подход к оценке технологического позиционирования национальных экономик в сфере искусственного интеллекта. Дарсавелидзе И.В. 263
Значимость экономики инноваций для стратегического развития строительной отрасли. Дубоделов А.В. 267
Индекс институционализации ценностных оснований социальной архитектуры государства: построение и свойства. Ефремов А.А., Оськина М.Н. 271
Стратегическое управление инновационным потенциалом туристских предприятий. Замятина Н.А., Цаболова О.Р., Збарская А.В., Цунаева Ю.О. 275
Методология результативного внедрения искусственного интеллекта в государственном секторе: методологическая группа и этап технического задания. Зинчик Н.С., Ковалев А.Е., Титов Р.В. 278
Оценка экономического эффекта внедрения искусственного интеллекта в государственном секторе: критерии отбора функций и модель расчета. Зинчик Н.С., Ковалев А.Е., Титова И.Г. 281
Ограничения социально-экономического развития национальной экономики в условиях глобальной трансформации: природа и формы проявления. Злотников М.С. 284
Теоретико-методологические основы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса в условиях трансформации региональных социально-экономических систем. Зубрыкина М.В., Лошинская Е.Н., Городничая Е.В. 288
Оценка сбалансированности развития Владимирской области на основе вариативных статистических методов. Козлов Д.А. 291
Современное состояние легкой промышленности России. Колесник В.А. 293
Санкционные ограничения как стимул к локализации производства электроники: анализ международного и российского опыта. Конов Л.И. 297
Макроэкономический анализ и структурные параметры рынка юридических услуг Российской Федерации в общенациональном и региональном аспектах. Корниенко С.В. 299
Инновационное развитие машиностроения на основе цифровых двойников и предиктивного мониторинга состояния технологического оборудования. Куровский С.В., Мишин Д.А., Ласкин Е.П. 303
Влияние эксплуатационных показателей железнодорожной инфраструктуры на устойчивость транспортно-логистического комплекса. Леонов А.А., Криничева А.Э. 307
Сервисно-логистичкое обеспечение развития агротуризма на базе малых форм хозяйствования Запорожской области. Ли Л.И., Ландарь Н.Н., Тарусова Н.В. 311
Цифровая экосистема региона как форма межорганизационного взаимодействия государства, бизнеса и науки. Лиман И.А., Осатюк В.И. 315
Влияние геополитической ситуации на развитие косметического рынка и риски при поставке сырья. Луговнин А.С., Соловей Я.П. 319
Теории пространственного распределения человеческого капитала. Грачев С.А., Малачиев И.М. 322
Современный инструментарий маркетинга оценки степени влияния ключевых факторов на формирования маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона. Малюта К.С. 325
Оценка экономического и операционного эффекта цифровой трансформации предприятий лёгкой промышленности. Марговенко Д.О. 328
Развитие системы допуска к перевозке пассажиров и грузов в автомобильном транспорте. Матанцева О.Ю., Казанцев И.С. 332
Сценарная оценка результативности организационно-экономического механизма обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий Луганской Народной Республики. Мельник Н.А. 335
Интеллектуальная система верификации таможенной стоимости товаров на основе компьютерного зрения и цифрового двойника декларации. Новиков В.А., Новикова А.А., Копцов С.В., Ларина А.Ю. 339
Региональная дифференциация сценариев экономического роста в производстве масличных культур Российской Федерации. Ободец Р.В., Миляуша Т.Л. 342
Интеграция принципов бережливого производства в систему регионального стратегического планирования как фактор повышения эффективности использования ресурсного потенциала территории. Скряпкин С.А., Лямин Б.М. 346
Структурная и технологическая трансформация экономики России в условиях современных вызовов. Скурыдин А.В., Мызникова М.Н. 350
Формирование туристских кластеров как фактор устойчивого роста отрасли: тенденции и барьеры. Старынина Л.Н. 354
Энергетическая составляющая ресурсной базы цементной промышленности: оценка эффективности использования и направления оптимизации. Сянин С.В. 357
Многомерная оценка социально-экономического неравенства регионов России. Убеев И.Ю. 361
Современное состояние молочного скотоводства Саратовской области и пути развития. Урынгалиева А.А. 363
Адаптация инструментов бережливого производства и методика оценки их эффективности в условиях единичного и мелкосерийного типа производства (на примере предприятий ракетно-космического машиностроения). Фадеев А.В. 366
Эволюция понятия и методические подходы к определению экспортного потенциала предприятий агропромышленного комплекса. Фокина Д.А., Горошко А.М. 369
Государственная поддержка АПК в Пермском крае и оценка стратегических проблем. Югов А.Л. 373
Влияние структуры форм собственности региональной экономики на мотивацию к труду работников и результаты деятельности организаций. Яковлев А.Ю., Кудрявцев С.А. 376
Концептуальные основы развития некоммерческих организаций в сфере социальных услуг. Гергель Р.М. 379
Методический подход к анализу эффективности использования энергоресурсов на промышленном предприятии. Кокшаров В.А. 382
Разработка организационно-экономических механизмов внедрения циркулярных моделей в промышленном комплексе региона: отраслевые особенности и инструменты поддержки. Скряпкин С.А., Лямин Б.М. .386
Разработка основ стратегии технологического лидерства организации: сценарный подход и механизмы реализации. Шейнов Н.А. 389
Экономическая оценка инновационного потенциала технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых углеводородов в нефтегазовом комплексе России. Пашинин О.А. 393
Влияние ESG-критериев на выбор инновационных стратегий развития региональных систем водоотведения. Сулимов Н.Ю. 397

ФИНАНСЫ. НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ. СТРАХОВАНИЕ

Таможенная инфраструктура в разрезе региональной экономики. Андреевский В.С. 400
Оценка эффективности банковских программ для мсп в условиях неполной наблюдаемости данных: эмпирический и сценарный контуры. Баликоев В.З., Чеботаев Н.Н. 404
От ценового детерминизма к управлению валютной резистентностью: стохастическое моделирование курса рубля до 2030 года и модификация бюджетного правила. Башков Д.Ю. 408
Оценка риска денежных потоков (CFaR) ПАО «Лукойл» на основе регрессионного анализа. Гарунов Н.А. 412
Оценка возврата инвестиций (ROI) от внедрения BIM на этапе проектирования конструкций зданий. Деменев А.В., Артамонов А.С. .415
Влияние налоговой нагрузки по корпоративному налогообложению на сделки M&A. Игнатова Н.А., Микшин А.Д., Шишкин П.М. 419
Гибридная модель GSADF + LSTM-RNN для выявления ценовых пузырей на акциях российских технологических компаний. Кравченко В.В. 423
Методика оценки кредитного качества эмитентов цифровых финансовых активов на основе публично доступных данных. Куницкий М.М. 427
Влияние информационной трансформации на транзакционные издержки. Куракин А.С. 430
Внутридневная микроструктурная инвариантность российского валютного рынка. Савин А.Л. 434
Классификация расходов бюджетов: синтез функциональных, целевых и результативных признаков. Савинова А.В. 438
Влияние раскрытия финансовой отчетности на котировки и стоимость ценных бумаг российских компаний: теоретические основы. Сайбатталов Т.А. 442
Российский рынок «зелёных» цифровых финансовых активов: основы, структура и перспективы. Санченко Е.М. 446
Стейкхолдерские дисбалансы сотрудников и акционеров как фактор финансовой эффективности российских компаний. Корольков Н.С. 450

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, СТАТИСТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сравнение точности и скорости различных методов оценки линейной регрессии. Дергачёв К.О. 454
Моделирование направления изменения ключевой ставки Банка России на основе индекса тональности официальных коммуникаций регулятора. Евдокимов А.И. 457
Применение методов многокретериальной оптимизации и смешанно-целочисленного программирования для планирования инспекционного контроля на промышленных предприятиях. Костиневич А.В., Костиневич В.В. 460
Сравнительный анализ MapReduce-алгоритмов (Hadoop/Spark) для оценки панельных данных. Котин И.С. 463
Разработка и анализ матричных структур для оптимизации хранения и обработки типовых конфигурационных данных в учетно-управленческих системах 1С. Попова В.А. 466
Экономически рациональный уровень затрат на наблюдаемость в ИТ-компаниях: предельный анализ и внутренняя цена информации. Соколов Д.М. 469
Сравнительная оценка методов прогнозирования оборота предприятий электронной коммерции. Соколов Н.В. 473

Концептуальная модель механизма развития стратегического предпринимательства организации с учётом инновационного фактора

Бурков Антон Геннадьевич
аспирант, кафедра предпринимательства и конкуренции, Московский университет «Синергия», burkov.a.g@yandex.ru

В статье предложена концептуальная модель механизма развития стратегического предпринимательства организации с учётом инновационного фактора. Показано, что, несмотря на более чем двадцатилетнее развитие концепции, сохраняется разрыв между теоретическим описанием стратегического предпринимательства и его прикладной реализацией: недостаточно конкретизированы условия, последовательность управленческих действий, порядок работы с неопределённостью, ресурсами и портфелем инициатив. Механизм определён как система, соединяющая встроенность стратегического предпринимательства в систему функционирования организации и организационно-управленческие условия предпринимательского поиска, последовательность действий по переводу выявленной возможности в инновационное решение и цикл диагностики уровня развития стратегического предпринимательства. Научная новизна состоит в разработке целостного прикладного механизма, объединяющего организационный, функционально-процессный и управленческий уровни в единый воспроизводимый контур, в котором инновационный фактор выступает сквозным условием каждого этапа. Показано отличие предлагаемого контура от моделей поэтапного отбора инновационных проектов. Результаты задают целевую конфигурацию элементов и условий стратегического предпринимательства, сопоставление с которой позволяет выявлять дефициты его развития в конкретной организации.

Ключевые слова: стратегическое предпринимательство, механизм развития стратегического предпринимательства, инновационный фактор, конкурентные преимущества, поиск возможностей, организационно-управленческие условия, цикл диагностики.

Введение

Теория предпринимательства, восходящая к Й. Шумпетеру, связывает экономическое развитие с осуществлением новых комбинаций [1] и созидательным разрушением сложившихся структур [2]. Она объясняет, откуда возникает новое, но не отвечает на вопрос, как организация превращает его в устойчивое преимущество. Стратегическое управление, напротив, раскрывает источники устойчивых конкурентных преимуществ, однако слабее описывает механизм их обновления и предпринимательского поиска. На пересечении этих линий в начале 2000-х годов сформировалась концепция стратегического предпринимательства — интеграции предпринимательских и стратегических действий, направленных на создание богатства [3]. Р. Айрленд, М. Хитт и Д. Сирмон предложили модель стратегического предпринимательства как конструкта, включающего предпринимательское мышление, предпринимательскую культуру и лидерство, стратегическое управление ресурсами, применение креативности и развитие инноваций, которые в совокупности ведут к формированию конкурентных преимуществ [4]. Современные работы подтверждают взаимную обусловленность двух логик: предпринимательство без стратегии лишено направления, а стратегия без предпринимательства — способности к обновлению [20]. Результативность стратегического предпринимательства в российских организациях зависит от кризисной среды и организационного контекста [21].

Актуальность такой интеграции подтверждается также приоритетами государственной политики: среди факторов, определяющих научно-технологическое развитие, отмечаются восприимчивость экономики к технологическим инновациям и целостность инновационного цикла, повышение которых отнесено к приоритетным задачам [22]. Рост уровня инновационной активности организаций в 2,3 раза к 2030 году определён в качестве одного из целевых показателей [23]. У российских организаций данный показатель составляет около 12%, что заметно ниже показателей ведущих экономик [23], при этом за 2021—2024 годы он оставался практически неизменным, тогда как затраты на инновационную деятельность выросли примерно в 1,4 раза в сопоставимых ценах [24]. Такое соотношение позволяет предположить, что резервы роста связаны не только с объёмом ресурсов, но и с организацией самого процесса. Государственная политика формирует цели и внешние условия [25], тогда как внутренний механизм, обеспечивающий переход от возможностей к инновационным решениям и подтверждённому эффекту, создаётся на уровне самой организации.

Настоящая статья развивает эту линию исследований. Цель статьи — предложить концептуальную модель механизма развития стратегического предпринимательства организации, в которой инновационный фактор встроен в каждый элемент, а сама модель пригодна для последующей операционализации и диагностики.

Сущность стратегического предпринимательства

Стратегическое предпринимательство понимается как одновременная реализация поведения, ориентированного на поиск возможностей, и поведения, ориентированного на формирование конкурентных преимуществ [3; 4]. Первая составляющая опирается на линию исследований выявления и использования возможностей [5], вторая — на линию исследований объяснения устойчивых преимуществ, прежде всего ресурсный подход [6] и концепцию динамических способностей [7]. Соединение двух типов поведения воспроизводит фундаментальную дилемму организационного обучения — баланс использования существующего и исследования нового [8; 14].

В рамках настоящего исследования стратегическое предпринимательство понимается следующим образом: организация рассматривает поиск возможностей и их инновационную реализацию как часть своей стратегии и один из источников создания ценности, конкурентоспособности и долгосрочного развития. Она задаёт приоритетные направления поиска, позволяющие создавать ценность в краткосрочной и долгосрочной перспективе, выявляет, формирует и проверяет возможности, отбирает наиболее перспективные из них, обеспечивает ресурсами и осуществляет стратегический контроль за их использованием. Для сохранения управляемости, эффективности и гибкости этапы поиска, проверки и предварительной реализации возможностей до их полноценного внедрения должны строиться с использованием логики реальных опционов и минимально необходимой административной нагрузки. Инновационная реализация возможности предполагает её воплощение в новом или существенно улучшенном продукте, технологии, бизнес-процессе, бизнес-модели либо организационном решении, способном дать значимый результат [13]. Такое понимание согласуется с законодательными определениями инновации через факт внедрения и получаемый результат, а не через новизну как таковую [25; 26; 27]. В результате стратегическое предпринимательство направлено как на укрепление и развитие уже имеющихся преимуществ, так и на формирование новых преимуществ за счёт преобразования изменений внешней и внутренней среды в источники ценности, конкурентоспособности, текущей результативности и долгосрочного развития [3; 4; 9—16].

Вместе с тем современный обзор области фиксирует сохраняющиеся ограничения: недостаточную операционализацию конструкта, слабую эмпирическую проверку целостных моделей и размытость границ исследовательского домена [11]. Продолжается уточнение конструкта [12] и дискуссия о самостоятельности категории [17]. Существующие процессные трактовки раскрывают отдельные элементы и взаимосвязи стратегического предпринимательства, но не предлагают целостного прикладного механизма его развития в организации [15]. Именно этот разрыв восполняет предлагаемая далее концептуальная модель.

Определение и структура механизма

Под механизмом развития стратегического предпринимательства организации с учётом инновационного фактора понимается система, соединяющая три элемента: встроенность стратегического предпринимательства в систему функционирования организации и организационно-управленческие условия, при которых возможна реализация предпринимательских подходов (рисунок 1), последовательность действий по переводу выявленной возможности в инновационное решение (рисунок 2), цикл диагностики уровня развития стратегического предпринимательства (рисунок 3). Инновационный фактор при этом встроен во все три элемента: возможности реализуются через выбор способа их инновационного воплощения, результат фиксируется как подтверждённый инновационный эффект, а накопленный опыт обновляет стратегию, ресурсы и компетенции организации. Названным элементам соответствуют три взаимодополняющих уровня рассмотрения механизма: организационный, функционально-процессный и управленческий.

На организационном уровне стратегическое предпринимательство является органичным звеном между стратегическим контуром организации и её операционной деятельностью (рисунок 1). Стратегический контур задаёт приоритеты поиска, ресурсные рамки, допустимый уровень неопределённости и критерии отбора инициатив. Операционная деятельность служит источником проблем, данных и инициатив сотрудников, средой тестирования и пространством внедрения подтверждённых инновационных решений. Обратные связи возвращают в стратегический контур эффекты инициатив и организационное обучение, а в операционную деятельность — обучение и инновационные решения. Необходимую среду для этого задают организационно-управленческие условия — от стратегии, допускающей предпринимательский поиск, доступности данных, ресурсов и компетенций, предпринимательской культуры и управленческой поддержки до гибкости структуры, межфункционального взаимодействия, процедур экспериментальной проверки, внешних связей, адаптивной мотивации и управления балансом текущей эффективности и будущего развития.



Рисунок 1 — Место стратегического предпринимательства в системе взаимодействия стратегического контура и операционной деятельности организации. Источник: составлено автором

Функционально-процессный уровень раскрывает последовательность работы со стратегически значимой возможностью (рисунок 2): выявление, оценка и приоритизация возможностей; поиск, оценка и выбор способов инновационной реализации; прототипирование, тестирование и доработка решения; подтверждение его ценности и перспективности внедрения; ресурсное обеспечение внедрения и масштабирования; создание полноценного решения, его внедрение, тиражирование и поддержка; фиксация эффекта и созданной ценности; обратная связь, ведущая к обновлению стратегии, ресурсов и организационно-управленческих условий. Сквозной функцией выступает стратегическое управление ресурсами и портфелем инициатив — ресурсы предоставляются поэтапно, по мере подтверждения значимости возможности, реализуемости решения и перспективности ожидаемого эффекта, что соответствует логике реальных опционов при работе с неопределённостью [16] и закреплённому в законодательстве праву на обоснованный риск при реализации технологических проектов [25].

Выделение ресурсов по мере подтверждения результатов, прекращение неперспективных способов и решений внешне сближают предлагаемый контур с моделями поэтапного отбора инновационных проектов с контрольными точками [18], поэтому необходимо уточнить их соотношение. Такие модели упорядочивают продвижение отдельной идеи до вывода нового продукта на рынок и по охвату сопоставимы со средней частью предлагаемого контура — от оценки возможности до внедрения решения. Отличие механизма состоит в строении контура в целом: он начинается с направлений поиска, задаваемых стратегией организации, и завершается подтверждением и фиксацией созданной ценности, а каждый последующий цикл учитывает результаты предыдущего, что придаёт функционированию механизма развивающий характер. Процессная логика модели согласуется с идеями конкуренции на грани порядка и хаоса, связывающими развитие предпринимательской стратегии с экспериментированием и ритмичным обновлением [19]. Рамка стратегического предпринимательства применяется также к управлению трансформацией действующих компаний, где ключевой задачей становится сочетание поиска новых возможностей с сохранением текущих преимуществ [28], при этом практика внутреннего и корпоративного предпринимательства показывает, что устойчивость таких инициатив определяется не отдельными проектами, а организационными условиями и процедурами их поддержки [29; 30].

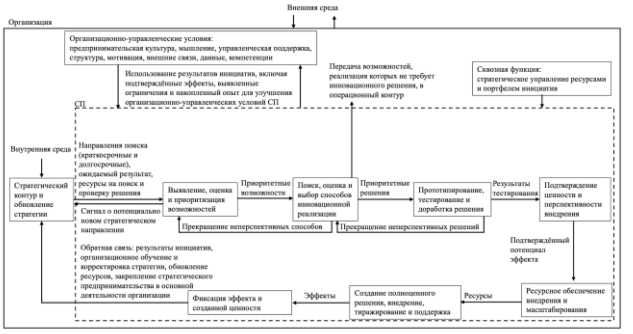


Рисунок 2 — Концептуальная модель функционирования стратегического предпринимательства организации с учётом инновационного фактора. Источник: составлено автором

Управленческий уровень представлен циклом диагностики и совершенствования (рисунок 3): интегральная оценка зрелости стратегического предпринимательства дополняется оценкой стратегической согласованности, ресурсной обеспеченности, организационно-управленческих условий, результативности механизма, охвата подразделений и сбалансированности портфеля инициатив. Выявленные дефициты становятся основанием адресных мероприятий, внедрение которых изменяет условия следующего цикла.



Рисунок 3 — Цикл диагностики и совершенствования стратегического предпринимательства в организации. Источник: составлено автором

Заключение

Предложенная концептуальная модель восполняет разрыв между теоретическим описанием стратегического предпринимательства и его прикладной реализацией: она объединяет организационный, функционально-процессный и управленческий уровни в единый воспроизводимый механизм, в котором инновационный фактор выступает сквозным условием — от выбора способа инновационной реализации возможности до фиксации инновационного эффекта и обратной связи, обновляющей стратегию, ресурсы и компетенции организации. Отличие модели от существующих процессных подходов состоит в стратегическом начале контура, завершении его фиксацией созданной ценности и развивающем характере цикла.

Практическое значение результатов определяется тем, что модель задаёт целевую конфигурацию элементов, условий и связей стратегического предпринимательства, сопоставление с которой позволяет выявлять дефициты его развития в конкретной организации. Дальнейшее исследование предполагает операционализацию модели: разработку методики и показателей диагностики уровня развития стратегического предпринимательства и инновационной активности организаций, эмпирическую проверку на выборке организаций и формирование на этой основе адресных мероприятий по развитию стратегического предпринимательства в организации.

Литература
1. Шумпетер Й. Теория экономического развития. — Cambridge: Harvard University Press, 1934 (ориг. 1911). — 255 с.
2. Шумпетер Й. Капитализм, социализм и демократия. — New York: Harper & Brothers, 1942. — 381 с.
3. Хитт М. А., Айрленд Р. Д., Кэмп С. М., Секстон Д. Л. Стратегическое предпринимательство: предпринимательские стратегии создания богатства // Strategic Management Journal. — 2001. — Т. 22, № 6—7. — С. 479—491. — DOI: 10.1002/smj.196.
4. Айрленд Р. Д., Хитт М. А., Сирмон Д. Г. Модель стратегического предпринимательства: конструкт и его измерения // Journal of Management. — 2003. — Т. 29, № 6. — С. 963—989. — DOI: 10.1016/S0149-2063(03)00086-2.
5. Шейн С., Венкатараман С. Перспективы предпринимательства как области исследований // Academy of Management Review. — 2000. — Т. 25, № 1. — С. 217—226. — DOI: 10.5465/amr.2000.2791611.
6. Барни Дж. Ресурсы фирмы и устойчивое конкурентное преимущество // Journal of Management. — 1991. — Т. 17, № 1. — С. 99—120. — DOI: 10.1177/014920639101700108.
7. Тис Д., Пизано Г., Шуэн Э. Динамические способности и стратегическое управление // Strategic Management Journal. — 1997. — Т. 18, № 7. — С. 509—533. — DOI: 10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z.
8. Марч Дж. Г. Исследование нового и использование существующего в организационном обучении // Organization Science. — 1991. — Т. 2, № 1. — С. 71—87. — DOI: 10.1287/orsc.2.1.71.
9. Хитт М. А., Айрленд Р. Д., Сирмон Д. Г., Трамс К. А. Стратегическое предпринимательство: создание ценности для индивидов, организаций и общества // Academy of Management Perspectives. — 2011. — Т. 25, № 2. — С. 57—75. — DOI: 10.5465/amp.25.2.57.
10. Люк Б., Киринс К., Веррейн М.-Л. Разработка концептуальной рамки стратегического предпринимательства // International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research. — 2011. — Т. 17, № 3. — С. 314—337. — DOI: 10.1108/13552551111130736.
11. Айрленд Р. Д., Уизерс М. К., Харрисон Дж. С., Босс Д. С., Скорсби Р. Стратегическое предпринимательство: обзор и исследовательская повестка // Entrepreneurship Theory and Practice. — 2023. — Т. 47, № 2. — С. 495—523. — DOI: 10.1177/10422587221111727.
12. Симсек З., Хиви К., Фокс Б. К. Мета-фрейминг стратегического предпринимательства // Strategic Organization. — 2017. — Т. 15, № 4. — С. 504—518. — DOI: 10.1177/1476127017711720.
13. Айрленд Р. Д., Уэбб Дж. У. Стратегическое предпринимательство: создание конкурентного преимущества через потоки инноваций // Business Horizons. — 2007. — Т. 50, № 1. — С. 49—59. — DOI: 10.1016/j.bushor.2006.06.002.
14. Айрленд Р. Д., Уэбб Дж. У. Преодоление большого разрыва стратегического предпринимательства: переход между исследованием нового и использованием текущих преимуществ // Business Horizons. — 2009. — Т. 52, № 5. — С. 469—479. — DOI: 10.1016/j.bushor.2009.05.002.
15. Киргиду Л. П., Хьюз М. Стратегическое предпринимательство: истоки, ключевые элементы и направления исследований // European Business Review. — 2010. — Т. 22, № 1. — С. 43—63. — DOI: 10.1108/09555341011009007.
16. Макграт Р. Г. Движение вперёд через неудачу: логика реальных опционов и предпринимательская неудача // Academy of Management Review. — 1999. — Т. 24, № 1. — С. 13—30. — DOI: 10.5465/amr.1999.1580438.
17. ван Ренсбург Д. Дж. Является ли стратегическое предпринимательство плеоназмом? // Journal of Management & Strategy. — 2013. — Т. 4, № 1. — С. 15—27. — DOI: 10.5430/jms.v4n1p15.
18. Купер Р. Г. Система Stage-Gate: новый инструмент управления новыми продуктами // Business Horizons. — 1990. — Т. 33, № 3. — С. 44—54. — DOI: 10.1016/0007-6813(90)90040-I.
19. Браун Ш. Л., Айзенхардт К. М. Конкуренция на грани: стратегия как структурированный хаос. — Boston: Harvard Business School Press, 1998. — 299 с.
20. Кейхани М. Логика стратегического предпринимательства // Strategic Organization. — 2023. — Т. 21, № 2. — С. 460—475. — DOI: 10.1177/14761270211057571.
21. Широкова Г. В., Иввонен Л. А., Гаффорова Е. Б. Стратегическое предпринимательство в России в период экономического кризиса // Форсайт. — 2019. — Т. 13, № 3. — С. 62—76. — DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.62.76.
22. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2024. — № 10. — Ст. 1373.
23. Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р (ред. от 21 октября 2024 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2023. — № 22. — Ст. 3964.
24. Индикаторы инновационной деятельности: 2026: статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2026. — 216 с. — ISBN 978-5-7598-3049-8. — DOI: 10.17323/978-5-7598-3049-8.
25. О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 28 декабря 2024 г. № 523-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2024. — № 53 (ч. I). — Ст. 8533.
26. О науке и государственной научно-технической политике: Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ (ред. от 31 июля 2025 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 35. — Ст. 4137.
27. Экономика инноваций: учебник / под ред. Н. П. Иващенко. — М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2024. — 502 с. — ISBN 978-5-907690-72-1.
28. Симсек З., Хиви К., Кёниг А., Стам В. Руководство цифровой трансформацией в действующих компаниях: рамка стратегического предпринимательства // Strategic Entrepreneurship Journal. — 2024. — Т. 18, № 1. — С. 91—102. — DOI: 10.1002/sej.1499.
29. Бернс П. Корпоративное предпринимательство и инновации. — 4-е изд. — London: Red Globe Press, 2020. — 502 с. — ISBN 978-1-352-00879-1.
30. Батрименко А. Внутреннее предпринимательство: как задействовать потенциал сотрудников для развития бизнеса. Практическое руководство. — М.: Олимп-Бизнес, 2023. — 383 с. — ISBN 978-5-9693-0534-2.

Conceptual model of an organization's strategic entrepreneurship development mechanism taking into account the innovation factor

Burkov A.G.
Synergy University

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

The article proposes a conceptual model of the mechanism for developing an organization's strategic entrepreneurship that incorporates the innovation factor. Despite over two decades of the concept's development, a gap persists between the theoretical description of strategic entrepreneurship and its practical implementation: the enabling conditions, the sequence of managerial actions, and the procedures for handling uncertainty, resources, and the initiative portfolio remain insufficiently specified. The mechanism is defined as a system that combines three elements: the embeddedness of strategic entrepreneurship in the organization's functioning together with the organizational and managerial conditions for entrepreneurial search, a sequence of actions that transforms an identified opportunity into an innovative solution, and a cycle for diagnosing the level of strategic entrepreneurship development. The scientific novelty lies in the design of a holistic, application-oriented mechanism that integrates the organizational, functional-process, and managerial levels into a single reproducible contour, in which the innovation factor serves as a cross-cutting condition of every stage. The paper also shows how the proposed contour differs from stage-gate models of innovation project selection. The results define a target configuration of the elements and conditions of strategic entrepreneurship, comparison with which helps an organization identify deficits in its strategic entrepreneurship development.

Keywords: strategic entrepreneurship, mechanism for developing strategic entrepreneurship, innovation factor, competitive advantages, opportunity seeking, organizational and managerial conditions, diagnostic cycle.

References
1. Schumpeter J.A. The Theory of Economic Development. — Cambridge: Harvard University Press, 1934. — 255 p.
2. Schumpeter J.A. Capitalism, Socialism and Democracy. — New York: Harper & Brothers, 1942. — 381 p.
3. Hitt M.A., Ireland R.D., Camp S.M., Sexton D.L. Strategic entrepreneurship: Entrepreneurial strategies for wealth creation // Strategic Management Journal. — 2001. — Vol. 22, No. 6—7. — P. 479—491. — DOI: 10.1002/smj.196.
4. Ireland R.D., Hitt M.A., Sirmon D.G. A model of strategic entrepreneurship: The construct and its dimensions // Journal of Management. — 2003. — Vol. 29, No. 6. — P. 963—989. — DOI: 10.1016/S0149-2063(03)00086-2.
5. Shane S., Venkataraman S. The promise of entrepreneurship as a field of research // Academy of Management Review. — 2000. — Vol. 25, No. 1. — P. 217—226. — DOI: 10.5465/amr.2000.2791611.
6. Barney J. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. — 1991. — Vol. 17, No. 1. — P. 99—120. — DOI: 10.1177/014920639101700108.
7. 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.
8. March J.G. Exploration and exploitation in organizational learning // Organization Science. — 1991. — Vol. 2, No. 1. — P. 71—87. — DOI: 10.1287/orsc.2.1.71.
9. Hitt M.A., Ireland R.D., Sirmon D.G., Trahms C.A. Strategic entrepreneurship: Creating value for individuals, organizations, and society // Academy of Management Perspectives. — 2011. — Vol. 25, No. 2. — P. 57—75. — DOI: 10.5465/amp.25.2.57.
10. Luke B., Kearins K., Verreynne M.-L. Developing a conceptual framework of strategic entrepreneurship // International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research. — 2011. — Vol. 17, No. 3. — P. 314—337. — DOI: 10.1108/13552551111130736.

Экосистемная интеграция в инновационной трансформации бизнес-моделей розничной торговли

Кравченко Елена Сергеевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики предприятия и управления персоналом, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган–Барановского, krav.elen07@gmail.com

В статье исследуется изменение архитектуры бизнес–моделей предприятий розничной торговли под воздействием электронной коммерции, платформенных механизмов и роста требований к качеству клиентского опыта. Цель исследования состоит в выявлении структурных драйверов инновационной трансформации российского ритейла и обосновании логики перехода от использования отдельных цифровых каналов к экосистемной конфигурации бизнес–модели. Методическую основу составили системный и структурно-логический подходы, сравнительный анализ, группировка и интерпретация статистических и аналитических данных Росстата, Ассоциации компаний интернет-торговли, НИУ ВШЭ и Data Insight. Показано, что цифровизация сферы розничной торговли развивается одновременно с расширением физической торговой инфраструктуры, поэтому ключевым вектором становится не замещение офлайн-форматов, а их интеграция с электронной торговлей, цифровой логистикой, платежными сервисами и аналитикой данных. Предложена трехэтапная логика трансформации: расширение цифрового канала, омниканальная интеграция и экосистемная конфигурация. Сформирована матрица структурных драйверов, связывающая рыночные, потребительские, технологические, ресурсные и институциональные сигналы с изменением элементов бизнес-модели. Практическая значимость подхода состоит в возможности использовать его при выборе приоритетов цифровых инвестиций и согласовании технологических решений с логикой создания потребительской ценности.

Ключевые слова: розничная торговля, бизнес-модель, инновационная трансформация, электронная коммерция, омниканальность, цифровая экосистема, платформенные решения, потребительская ценность.

Введение

Розничная торговля относится к видам экономической деятельности, где технологические изменения особенно быстро переводятся в изменения потребительского поведения и операционной практики. Цифровые платежи, мобильные приложения, маркетплейсы, доставка, алгоритмическое управление ассортиментом и клиентская аналитика уже функционируют не как изолированные инструменты автоматизации, а как взаимосвязанные элементы создания и доставки ценности. В результате объектом управленческого внимания становится не столько отдельная технология, сколько конфигурация бизнес-модели, способная согласовать физическую торговую инфраструктуру, цифровые каналы, данные, логистику и партнерские связи.

Современные исследования связывают цифровую трансформацию ритейла с изменением способов формирования ценностного предложения, развитием омниканальных форматов, платформенных взаимодействий и более глубокой интеграцией данных в бизнес–процессы [5–10]. При этом внедрение цифровых решений само по себе не обеспечивает устойчивого эффекта. Результат зависит от того, насколько технологические изменения встроены в архитектуру процессов, компетенций, каналов взаимодействия с покупателем и системы принятия управленческих решений.

Российский рынок демонстрирует важную структурную особенность: цифровой канал развивается одновременно с сохранением и расширением физической торговой сети. По данным Росстата, отраженным в статистическом сборнике «Торговля в России. 2025», инфраструктура торговли остается масштабной и территориально распределенной [1]. Параллельно электронная коммерция увеличивает свой вес в розничном обороте: по данным АКИТ, в 2024 г. объем интернет–торговли достиг почти 9 трлн руб., увеличившись на 41% за год, а ее доля в совокупных розничных продажах составила 16,2% [2]. Такая комбинация указывает на переход к гибридной логике развития, при которой конкурентоспособность формируется на стыке офлайн– и онлайн-контуров.

Научная проблема заключается в необходимости объяснить, каким образом разнонаправленные изменения – рост физической инфраструктуры, расширение е–commerce, усиление платформенной конкуренции, изменение критериев потребительского выбора и ограничения внутренней цифровой готовности – преобразуются в новую конфигурацию бизнес–модели розничного предприятия. Цель исследования состоит в выявлении структурных драйверов инновационной трансформации российского ритейла и обосновании логики перехода от цифрового канала к экосистемной бизнес-модели. Научная новизна связана с представлением трансформации как последовательной реконфигурации взаимосвязанных элементов бизнес-модели под воздействием пяти групп драйверов и с выделением трех качественно различающихся стадий этого перехода.

Материалы и методы

Эмпирическую базу исследования составили статистические материалы Росстата по развитию торговой инфраструктуры [1], данные Ассоциации компаний интернет–торговли о российском рынке e-commerce [2], аналитические материалы НИУ ВШЭ о практиках и барьерах цифровизации бизнеса [3], а также результаты Data Insight о критериях выбора онлайн-площадки покупателями одежды и обуви [4]. Для теоретической интерпретации использованы современные исследования цифровой трансформации бизнес–моделей, цифровизации ритейла, цифровой зрелости и стратегических разрывов [5–10].

В работе применены системный подход, позволяющий рассматривать предприятие как совокупность взаимосвязанных элементов создания, доставки и присвоения ценности; структурно-логический анализ для выявления направлений реконфигурации бизнес-модели; сравнительный анализ динамики физического и цифрового каналов; группировка факторов по содержательным контурам; научное обобщение для формирования этапной модели перехода к экосистемной конфигурации. Аналитическая логика строится от фиксации внешних и внутренних структурных сигналов к определению элементов бизнес-модели, в которых эти сигналы требуют управленческой реакции.

Результаты и обсуждение

Первый структурный сдвиг связан с одновременным развитием физического и цифрового пространства торговли. По данным, систематизированным на основе Росстата, общее количество магазинов в Российской Федерации увеличилось с 853,0 тыс. в 2022 г. до 895,6 тыс. в 2024 г., то есть примерно на 5%. Более выраженная динамика наблюдалась в отдельных форматах: количество супермаркетов выросло с 36,9 до 42,6 тыс., специализированных продовольственных магазинов – с 96,4 до 108,1 тыс., специализированных непродовольственных – с 261,8 до 284,3 тыс. [1]. Эти изменения показывают, что цифровая трансформация не сводится к сокращению физического присутствия. Торговая сеть сохраняет самостоятельную ценность как инфраструктура контакта, выдачи, возврата, сервиса и локальной доступности.

Одновременно e-commerce становится самостоятельным контуром создания стоимости. В 2024 г. российский рынок интернет–торговли, по оценке

АКИТ, приблизился к 9 трлн руб.; 97% его объема пришлось на покупки в российских интернет–магазинах и отечественных маркетплейсах, а доля трансграничной торговли составила 3% [2]. Для бизнес-модели предприятия это означает, что цифровой канал перестает выполнять вспомогательную функцию. Он влияет на ассортиментную политику, скорость исполнения заказа, размещение запасов, систему возвратов, платежную инфраструктуру, маркетинговые коммуникации и доступ к клиентским данным.

Сочетание двух тенденций позволяет говорить о структурной гибридизации ритейла. Физическая точка и цифровая среда становятся взаимодополняющими узлами единого клиентского маршрута. Магазин может выполнять одновременно функции места продажи, пункта выдачи, демонстрационной площадки, локального склада и сервисного центра, тогда как цифровой интерфейс принимает на себя поиск, сравнение, персонализацию, заказ, оплату, обратную связь и повторные коммуникации. Поэтому ключевым объектом трансформации становится система связей между каналами, а не каждый канал по отдельности.

Таблица 1
Структурные сдвиги в российской розничной торговле и их значение для бизнес-модели

Показатель	2022 год	2024 год	Изменение и значение для бизнес-модели
Количество магазинов в РФ, тыс. ед.	853,0	895,6	+5,0%. *Физическая инфраструктура сохраняет значение и включается в омниканальный контур*
Супермаркеты, тыс. ед.	36,9	42,6	+15,6%. *Растет значение форматов, объединяющих ассортимент, логистику и цифровые сервисы*
Объем интернет–торговли в РФ	–	около 9 трлн руб.	+41% к 2023 г. *E–commerce становится стратегическим элементом модели продаж*
Доля интернет–торговли в розничных продажах	–	16,2%	*Требуется синхронизация онлайн– и офлайн–процессов, запасов, цен и клиентских данных*

Источник: составлено автором по данным Росстата [1] и АКИТ [2].

Второй структурный сдвиг определяется изменением критериев потребительской ценности. В цифровой среде покупатель оценивает не только товар и цену, но и надежность исполнения всей транзакции. Показательны результаты Data Insight по категории одежды и обуви: среди онлайн-покупателей решающими факторами выбора площадки названы гарантия возврата и обмена (44%) и возможность примерки перед покупкой (44%); далее следуют акции и специальные предложения (41%), итоговая цена корзины (40%), сроки доставки (37%), рейтинги и отзывы (36%), стоимость доставки (35%), удобные способы оплаты (32%) и широта ассортимента (30%) [4]. Эти данные относятся к конкретной товарной категории, однако хорошо иллюстрируют усложнение клиентской ценности: она формируется на протяжении всего пути покупки и включает снижение риска, прозрачность информации, удобство, скорость и предсказуемость сервиса.

В бизнес–модели такое изменение смещает центр тяжести от отдельной операции продажи к оркестрации клиентского пути. Ассортимент, цена, интерфейс, платеж, логистика, возврат и постпродажная коммуникация должны восприниматься как единая последовательность. Разрыв между ними способен обесценить инвестиции в отдельные цифровые инструменты: современное приложение не компенсирует неточный остаток, а персонализированная рекомендация теряет эффект при неудобной доставке или сложном возврате.

Третий сдвиг связан с платформизацией рынка. Маркетплейсы и цифровые экосистемы задают стандарты поиска, сравнения, скорости исполнения заказа и персонализации. Для традиционного ритейлера ответом становится развитие собственных платформенных элементов либо включение внешних платформ в партнерскую архитектуру. Это усиливает значение API-интеграций, единой модели данных, управления ассортиментом в реальном времени и согласования собственных каналов с каналами партнеров. Современные исследования российского ритейла также выделяют омниканальность, искусственный интеллект, роботизацию, предиктивную аналитику и автоматизированное управление запасами как приоритетные направления технологического развития [5].

Технологическое расширение формирует и новые ограничения. Материалы мониторинга цифровой трансформации бизнеса НИУ ВШЭ показывают, что наиболее значимыми барьерами применения цифровых технологий остаются дефицит финансовых ресурсов, отсутствие подходящих готовых решений и недостаточность цифровых компетенций сотрудников [3]. Для розничной торговли этот набор ограничений особенно чувствителен, поскольку цифровой проект редко остается локальным: внедрение нового клиентского сервиса затрагивает учет запасов, логистику, мастер-данные, обучение персонала, интеграцию с поставщиками и систему показателей.

Отсюда следует принципиальное различие между цифровизацией отдельных операций и инновационной трансформацией бизнес-модели. В первом случае предприятие увеличивает технологическую оснащенность существующей конфигурации. Во втором – меняет связи между элементами: способы формирования ценности, роли каналов, распределение функций между магазином и цифровой платформой, порядок использования данных, партнерскую сеть и экономическую модель сервиса. Исследования цифровой зрелости подтверждают необходимость оценивать не только наличие технологий, но и способность организации превращать цифровой потенциал в согласованные изменения процессов и управления [8; 9].

Для описания этой логики предлагается трехэтапная модель перехода от цифрового канала к экосистемной бизнес-модели (рисунок 1). Первый этап связан с расширением цифрового присутствия и переводом отдельных транзакций в онлайн-среду. Второй предполагает омниканальную интеграцию: синхронизацию данных, запасов, клиентских профилей, платежей и логистики. На третьем этапе предприятие переходит к экосистемной конфигурации, где ценность формируется совместно с внешними платформами, поставщиками, логистическими и финансовыми партнерами, а данные используются для постоянной адаптации предложения и процессов.

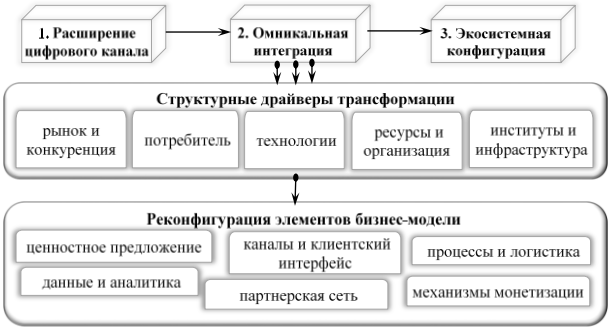


Рисунок 1 – Логика перехода от цифрового канала к экосистемной Бизнес-модели розничного предприятия
Источник: разработано автором.

Предложенная логика перехода от цифрового канала к экосистемной бизнес-модели предприятия показывает, что масштаб цифровых инвестиций сам по себе не определяет глубину преобразований. Предприятие может обладать развитым набором цифровых сервисов и одновременно сохранять фрагментацию данных, дублирование процессов и несогласованные KPI. Поэтому диагностическим признаком зрелой трансформации выступает качество межэлементных связей: единая логика управления ценностью, каналами, процессами, данными и партнерствами. GAP-анализ цифровой трансформации также показывает важность выявления структурных разрывов между текущим и целевым состоянием бизнес-модели [6].

С учетом выявленных тенденций структурные драйверы целесообразно объединить в пять групп: рыночно-конкурентные, потребительские, технологические, ресурсно-организационные и институционально–инфраструктурные. Их управленческое значение проявляется через разные элементы бизнес–модели. Рыночно–конкурентные сигналы требуют корректировки каналов и партнерской архитектуры; потребительские – ценностного предложения и клиентского пути; технологические – данных и процессной архитектуры; ресурсно-организационные – компетенций и механизмов масштабирования; институционально-инфраструктурные – параметров логистики, локализации решений и управления рисками.

Для практического применения разработана матрица, связывающая наблюдаемый драйвер с зоной реконфигурации бизнес–модели и приоритетной управленческой реакцией (таблица 2). Ее назначение состоит не в ранжировании технологий, а в определении того, какой элемент бизнес–модели должен измениться, чтобы технологическая инвестиция преобразовалась в потребительский и экономический эффект.

Матрица позволяет интерпретировать инновационную трансформацию как процесс управляемой структурной адаптации. Ее исходной точкой выступает внешний или внутренний сигнал, далее определяется затрагиваемый элемент бизнес–модели, после чего выбирается управленческая реакция. Такая последовательность снижает риск технологического детерминизма, когда решение о внедрении принимается из-за доступности новой технологии, а связь с ценностью и процессами формируется постфактум.

В прикладном контуре предложенная модель может использоваться при формировании портфеля цифровых инициатив. Для каждого проекта целесообразно фиксировать: какой драйвер он отражает; какой элемент бизнес–модели изменяет; какие межфункциональные зависимости создает; какой клиентский или операционный показатель должен улучшиться; какие ресурсы необходимы для масштабирования. Этот подход согласует инвестиционную логику с архитектурой бизнеса и позволяет различать локальную автоматизацию и проекты, действительно изменяющие способ создания и доставки ценности.

Экосистемная стадия не означает обязательного построения закрытой корпоративной экосистемы. Для значительной части ритейлеров рациональнее гибридная архитектура, где собственные компетенции сосредоточены на клиентской аналитике, ассортименте, управлении ценностью и ключевых

данных, а отдельные логистические, платежные, маркетинговые или технологические функции реализуются через партнеров. Критерием зрелости становится способность предприятия управлять такой распределенной конфигурацией без потери целостности клиентского опыта и контроля над экономикой взаимодействий.

Таблица 2
Матрица структурных драйверов инновационной трансформации бизнес–модели ритейлера

Группа драйверов	Зона реконфигурации бизнес–модели	Приоритет управленческой реакции
Рынок и конкуренция	Каналы продаж, партнерства, механизмы монетизации	Определить роль собственных и внешних платформ; согласовать экономику каналов
Потребительские	Ценностное предложение, клиентский путь, сервис	Управлять сквозным клиентским опытом и точками потери ценности
Технологические	Данные, процессы, ИТ–архитектура	Интегрировать решения вокруг единой модели данных и бизнес–процессов
Ресурсы и организация	Компетенции, портфель проектов, организационная культура	Согласовать темп внедрения с поглощающей способностью организации; развивать компетенции
Институты и инфраструктура	Логистика, поставщики, риск–контур, партнерская сеть	Диверсифицировать инфраструктурные зависимости и закреплять требования к совместимости решений

Источник: разработано автором.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что инновационная трансформация российской розничной торговли развивается по логике структурной гибридизации. Рост электронной коммерции не устраняет значение физической торговой инфраструктуры; напротив, магазин получает новые функции внутри омниканального клиентского маршрута. Поэтому аналитическая модель, основанная на противопоставлении «офлайн – онлайн», все хуже описывает реальное устройство ритейла.

Выделены пять групп драйверов, определяющих изменение бизнес–модели: рыночно-конкурентные, потребительские, технологические, ресурсно–организационные и институционально-инфраструктурные. Их воздействие проявляется через реконфигурацию ценностного предложения, каналов и клиентского интерфейса, операционно-логистических процессов, данных и аналитики, партнерской сети и механизмов монетизации.

Предложена трехэтапная логика перехода от цифрового канала к экосистемной бизнес-модели. На этапе расширения цифрового канала предприятие переводит отдельные транзакции и коммуникации в онлайн-среду. Омниканальная интеграция требует синхронизации процессов и данных между каналами. Экосистемная конфигурация переносит акцент на управление сетью взаимозависимых участников и сервисов, совместно формирующих потребительскую ценность.

Практическая значимость предложенного подхода состоит в возможности связать решение о цифровой инвестиции с конкретным структурным изменением бизнес-модели. Такой формат диагностики помогает выявлять проекты, которые создают локальный технологический эффект без системного результата, и отделять их от инициатив, способных улучшить клиентский путь, оборачиваемость запасов, точность данных, надежность исполнения заказа или экономику партнерского взаимодействия.

Перспективным направлением дальнейших исследований является количественная апробация предложенной матрицы на выборке розничных предприятий различного масштаба и формата. Это позволит установить пороговые значения перехода между стадиями трансформации, уточнить набор показателей экосистемной зрелости и оценить связь между глубиной реконфигурации бизнес–модели и финансово-рыночными результатами.

Литература

1. Торговля в России. 2025 : статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – Москва : Росстат, 2025. – 97 с. – URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Torgov_2025.pdf (дата обращения: 24.09.2026).
2. Объем интернет–торговли в России в 2024 году увеличился на 41% [Электронный ресурс] // Ассоциация компаний интернет–торговли. – 2025. – 17 февраля. – URL: https://www.akit.ru/news/obyom–internet–torgovli–v–rossii–v–2024–godu–uvechilsya–na–41 (дата обращения: 24.09.2026).
3. Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры использования [Электронный ресурс] // Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. – 2024. – 24 января. – URL: https://issek.hse.ru/news/890550436.html (дата обращения: 24.09.2026).
4. Онлайн–покупка одежды и обуви: анализ потребительского поведения [Электронный ресурс] / Data Insight. – 2024. – URL: https://datainsight.ru/sites/default/files/Отчет_Fashion.pdf (дата обращения: 24.09.2026).
5. Веремеенко О. С. Цифровизация ритейла как фактор достижения технологического лидерства в сфере торговли / О. С. Веремеенко, О. А. Яброва, В. С. Филиппова // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 11. – С. 7373–7386. – DOI: 10.18334/epp.15.11.124116.
6. Овсянникова В. В. GAP–анализ как инструмент управления цифровой трансформацией бизнес–модели предприятий розничной торговли / В. В. Овсянникова // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 11. – С. 7387–7402. – DOI: 10.18334/epp.15.11.124165.
7. Мелешко А. Ю. Ключевые трансформации бизнес–моделей в реалиях цифровой экономики и оценка их эффективности / А. Ю. Мелешко // Журнал прикладных исследований. – 2024. – № 10. – С. 110–118. – DOI: 10.47576/2949–1878.2024.10.10.016.
8. Буевич А. П. Особенности цифровой трансформации российских предприятий / А. П. Буевич, А. О. Иванова, М. Г. Фомин // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 5. – С. 3081–3094. – DOI: 10.18334/epp.15.5.123006.
9. Бабкин А. В. Методика оценки цифровой зрелости промышленного предприятия и экосистемы на основе динамического коэволюционного потенциала / А. В. Бабкин, П. А. Михайлов, Е. В. Шкарупета, К. Б. Гаев // π–Economy. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 153–178. – DOI: 10.18721/JE.17410.
10. Иваненко А. Р. Трансформация бизнес–моделей ритейла в условиях цифровизации экономики / А. Р. Иваненко, Е. Г. Калабина // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 12(161). – С. 792–797. – DOI: 10.34925/EIP.2023.161.12.152.

Ecosystem integration in the innovative transformation of retail business models

Kravchenko E.S.
Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan–Baranovsky

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

The article examines changes in retail business–model architecture driven by e–commerce, platform mechanisms, and rising requirements for customer experience quality. The purpose is to identify structural drivers of innovative transformation in Russian retail and to substantiate the transition from the use of separate digital channels to an ecosystem configuration of the business model. The methodology combines systems and structural–logical approaches, comparative analysis, grouping, and interpretation of statistical and analytical data from Rosstat, the Association of Internet Trade Companies, HSE University, and Data Insight. The results show that retail digitalization develops simultaneously with the expansion of physical trade infrastructure; therefore, the key trajectory is not the replacement of offline formats but their integration with e–commerce, digital logistics, payment services, and data analytics. A three–stage transformation logic is proposed: digital–channel expansion, omnichannel integration, and ecosystem configuration. A matrix of structural drivers links market, consumer, technological, resource, and institutional signals to changes in business–model components. The proposed approach can be used to prioritize digital investments and align technological solutions with the logic of customer value creation.

Keywords: retail, business model, innovative transformation, e-commerce, omnichannel retail, digital ecosystem, platform solutions, customer value.

References

1. Federal State Statistics Service. Trade in Russia. 2025: Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat, 2025. 97 p. Available at: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Torgov_2025.pdf (accessed 24.09.2026).
2. Association of Internet Trade Companies. E–commerce volume in Russia increased by 41% in 2024. 17 February 2025. Available at: https://www.akit.ru/news/obyom–internet–torgovli–v–rossii–v–2024–godu–uvechilsya–na–41 (accessed 24.09.2026).
3. HSE Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge. Digital technologies in business: practices and barriers to use. 24 January 2024. Available at: https://issek.hse.ru/news/890550436.html (accessed 24.09.2026).
4. Data Insight. Online purchase of clothing and footwear: consumer behavior analysis. 2024. Available at: https://datainsight.ru/sites/default/files/Отчет_Fashion.pdf (accessed 24.09.2026).
5. Veremeenko O.S., Yabrova O.A., Filippova V.S. Retail digitalization as a technological leadership factor in trade. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2025;15(11):7373–7386. DOI: 10.18334/epp.15.11.124116.
6. Ovsyannikova V.V. GAP analysis as a tool for managing the digital transformation of the retail business model. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2025;15(11):7387–7402. DOI: 10.18334/epp.15.11.124165.
7. Meleshko A.Yu. Key transformations of business models in the context of the digital economy and evaluation of their effectiveness. Journal of Applied Research. 2024;(10):110–118. DOI: 10.47576/2949–1878.2024.10.10.016.
8. Buevich A.P., Ivanova A.O., Fomin M.G. Characteristics of the digital transformation of Russian companies. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2025;15(5):3081–3094. DOI: 10.18334/epp.15.5.123006.

Региональные строительные кластеры как драйвер инновационного развития и инвестиционной активности мезотерриторий

Куликова Ирина Юрьевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, ipccirinak@yandex.ru

В настоящей статье рассматривается роль региональных строительных кластеров как драйвера инновационного развития и инвестиционной активности мезотерриторий. На основе анализа российского опыта выявлены специфические особенности строительных кластеров, обусловленные множественностью участников, высокой капиталоёмкостью и локальным характером рынков. В работе показано, что кластеризация обеспечивает консолидацию усилий предприятий, научно-образовательных учреждений и органов власти, способствуя технологической модернизации и импортозамещению. Инновационная функция кластеров реализуется через формирование инновационной инфраструктуры, ускорение диффузии технологий, цифровизацию и участие в национальных проектах; инвестиционная – через прямой прирост вложений, мультипликативный эффект и повышение инвестиционной привлекательности территорий. Эмпирически подтверждена положительная динамика на примере Строительно-индустриального кластера Тюменской области. Кроме того, в статье особое внимание уделено условиям формирования кластерных инициатив, а также комплекса системных проблем, возникающих при их возникновении.

Ключевые слова: регион, кластер, строительная сфера, инвестиционная привлекательность, развитие мезотерриторий, цифровизация, инновационная активность, драйвер.

Интенсивная трансформация пространственной организации экономики России, вызванная, с одной стороны, геополитической нестабильностью, санкционными нагрузками и постоянно нарастающими объемами импортозамещения, а с другой - активным переходом к экономике данных актуализирует поиск новых институциональных структур, способных обеспечить устойчивое развитие регионов, входящих в ее состав. В нынешних условиях они выступают в качестве ключевого звена в реализации стратегических приоритетов государства на мезоуровне. Именно на этой ступени формируются предпосылки для преодоления сырьевой зависимости, технологического обновления производственной базы, росту инвестиционной привлекательности территорий, и как следствие, повышения уровня их цифрового потенциала [2; 7].

Указанное выше обстоятельство в полной мере справедливо и для строительной сферы, который традиционно рассматривается как один из наиболее значимых мультипликаторов экономического роста, обретая свое экономические содержание только на мезоуровне. Ее развитие стимулирует спрос на продукцию смежных отраслей, создает рабочие места и формирует инфраструктурный каркас территорий. Вместе с тем высокий физический, а ряде случаев и моральный, износ основных производственных фондов предприятий строительной индустрии, ограниченность внутренних источников финансирования обусловливают необходимость перехода к инновационно-интеграционным формам организации хозяйственной деятельности. Для преодоления обозначенных выше «узких мест» развития мезотерриторий на современном этапе создаются региональные строительные кластеры, представляющие собой консолидацию ресурсов и возможностей местных предприятий, научно-производственных, образовательных учреждений и органов власти для решения задач технологической модернизации, импортозамещения, диджитализации и активному переходу к экономике данных [8; 11].

Необходимо заметить, что концептуальные основы кластерного анализа были заложены в работах М. Портера, который рассматривал кластер как географически сконцентрированную группу взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, предприятий в родственных отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций в определенных областях, конкурирующих, но вместе с тем ведущих совместную работу. Применительно к мезоэкономическому уровню кластерный подход принципиально изменил представления о природе инновационно-инвестиционной деятельности региона. Так, инвестиции перестали рассматриваться исключительно как внешний ресурс, привлекаемый на территорию. Они стали интерпретироваться как результат внутренней кооперации и синергетического эффекта, возникающего в процессе взаимодействия участников кластера.

В российской экономической науке кластерная проблематика получила развитие в контексте исследования мезоинтеграционных процессов. Мезоуровень организации экономического пространства характеризуется особым качеством хозяйственных связей, при котором интеграция осуществляется не через административное подчинение, а через формирование устойчивых кооперационных цепочек, объединяющих хозяйствующих субъектов различных размеров и отраслевой принадлежности. Кластер в этой логике выступает не просто совокупностью предприятий, расположенных на одной территории, но институциональной формой, обеспечивающей согласование экономических интересов и снижение трансакционных издержек взаимодействия [2; 6].

Исследования показывают, что формирование высокотехнологичных кластеров позволяет идентифицировать региональные системы по генезису реального сектора экономики, в частности по уровню развития промышленности и инвестиционной привлекательности, выделяя среди них «звезд», «лидеров», догоняющих и отстающих [2; 7]. Такой аналитический инструментарий имеет существенное значение для дифференциации мер государственной поддержки, поскольку позволяет учитывать неоднородность мезотерриторий по исходным условиям кластеризации.

Специфика строительного кластера как объекта управления определяется рядом особенностей. Прежде всего, строительный кластер отличается от других типов объединений большим числом участников и множественностью целей, поскольку объединяет застройщиков, производителей строительных материалов и конструкций, проектные и инжиниринговые организации, логистические компании, финансовые институты и образовательные учреждения. Множественность целей обусловливает сложность управления кластером и необходимость формирования специализированных институтов координации. Кроме того, эффективное развитие строительного кластера предполагает освоение земельных участков под возведение промышленных объектов, что делает его чувствительным к качеству территориального планирования и доступности сопутствующей ресурсно-транспортной инфраструктуры [3; 13].

Тем не менее, необходимо заметить, что на современном этапе развития экономики мезоуровня строительные кластеры не получили столь широкого распространения, как подобные структурные объединения в других отраслях, и активно рабоотают лишь в ограниченном числе субъектов РФ. Так, сегодня

они сформированы и активно функционируют на территориях Воронежской, Калужской, Новосибирской и Свердловской областей. Кроме того, в Самарской области действует кластер промышленности строительных материалов и домостроения. Подобная ограниченность географического распределения указывает на наличие специфических барьеров кластеризации в строительной сфере, связанных с высокой капиталоемкостью, длительностью инвестиционных циклов, малой инновационной отдачей и локальным характером рынков строительной продукции.

Государственная политика в сфере пространственного развития и поддержки строительной отрасли в анализируемый период характеризовалась усилением кластерного подхода. Так, по итогам стратегической сессии по развитию инфраструктуры, состоявшейся в 2023 году, Председатель Правительства Михаил Мишустин дал поручения, согласно которым Минэкономразвития и Минфину совместно с «ДОМ.РФ» предстояло проработать вопрос реализации начиная с июля 2024 года кластерного подхода к оказанию мер поддержки проектов жилищного строительства и создания инфраструктуры в регионах страны [1; 5]. Данное решение ознаменовало переход от унифицированных механизмов поддержки к дифференцированным, учитывающим специфику территорий с различным уровнем спроса на жилье и инвестиционной активности.

Формирование кластерной политики в строительной сфере происходило на фоне сохраняющейся дифференциации регионов по инвестиционной и инновационной активности. Исследования, посвященные взаимосвязи Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2030 года и эволюции кластерной политики, фиксируют, что эффективная пространственная политика требует синтеза принципа «наличия опоры» и кластерно-сетевого подхода, а не просто административного выделения «точек роста» [7; 11]. Это означает, что кластеры рассматриваются не как изолированные образования, а как элементы сети взаимосвязанных территориально-производственных систем, развитие которых должно обеспечиваться сквозными мерами региональной, инновационной и промышленной политики.

На федеральном уровне были сформированы институциональные механизмы поддержки кластерных инициатив. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации выстраивает комплекс внутрикластерных льгот и преференций для поддержки компаний от производственного цикла до выхода на международные рынки. Торгово-промышленная палата Российской Федерации наделена статусом национального государственного заказчика Межгосударственной программы инновационного сотрудничества государств – участников СНГ на период до 2030 года, в рамках которой предусмотрено развитие инфраструктуры научно-технического, промышленного и инновационного сотрудничества, в том числе за счет формирования трансграничных и отраслевых кластеров [1; 5]. Семь региональных торгово-промышленных палат выполняют функции национальных контактных центров указанной программы, что создает дополнительные возможности для кластеров по привлечению партнеров из стран ЕАЭС [5].

Наиболее показательным примером успешного функционирования регионального строительного кластера в анализируемый период является Строительно-индустриальный кластер Тюменской области, созданный при поддержке Правительства региона в 2024 году. Данное образование стало первым в Российской Федерации строительно-индустриальным кластером, включенным в федеральный реестр промышленных кластеров Минпромторга России. Динамика его развития демонстрирует высокую интенсивность кластерных процессов. Если на начальном этапе функционирования кластер объединял 25 компаний, то к ноябрю 2024 г. в его состав входили уже 50 компаний из пяти регионов Российской Федерации, а к концу 2024 г.– 60 компаний. К 2025 году число участников достигло 102 компаний из девяти регионов России и Республики Казахстан, что свидетельствует о выходе кластера на международный уровень [12].

Инвестиционная активность участников тюменского кластера характеризуется устойчивым ростом. В 2024 году в рамках кластера было запущено 11 инвестиционных проектов с общим объемом инвестиций чуть более 7 млрд. руб. По итогам 2025 года количество запущенных инвестиционных проектов возросло до 13, а общий объем вложений достиг 10,77 млрд. руб. Вклад кластера в бюджеты всех уровней составил 4,4 млрд. руб. в виде налоговых поступлений, а общая сумма контрактов достигла 149,6 млрд. руб. [12].

Показательным является опыт реализации кластерных инициатив в других регионах. В Калининградской области обосновывается необходимость формирования промышленного строительного кластера как эффективного механизма инновационного развития дорожной отрасли в условиях эксклава. Актуальность кластеризации в данном случае обусловлена особым геополитическим положением региона, требующим повышенного уровня экономической самодостаточности и технологической независимости, особенно в сфере дорожного строительства. Предлагаемая модель кластера интегрирует предприятия строительной индустрии, научно-образовательные учреждения, логистические и цифровые платформы и ориентирована на решение задач замещения зарубежного сырья, внедрение инновационных материалов (геосетки, композиты, металлические и железобетонные изделия) и цифровых систем мониторинга. Расчеты показывают, что доля местных материалов в общем объеме потребления может вырасти с текущих 15% до 45–50% к 2030 году [3; 13].

В Республике Дагестан запланировано создание кластера стройиндустрии с инвестициями свыше 3 млрд. руб., в рамках которого предполагается запустить пять инвестиционных проектов в сфере импортозамещения [4]. В Подмосковье реализуется проект создания кластера по производству строительных материалов с использованием технологии 3D-печати, предусматривающий возведение крупной перевалочной базы цемента и газосиликатных блоков [1]. В Башкортостане производители модульных зданий вошли в реестр кластеров Российской Федерации, что открывает для них доступ к мерам государственной поддержки [9].

Инновационная функция региональных строительных кластеров реализуется через несколько взаимосвязанных механизмов. Прежде всего, кластеризация создает условия для формирования инновационной инфраструктуры и информационного пространства, обеспечивающих деятельность предприятий-резидентов [6; 7]. В ряде регионов Российской Федерации формирование инновационных кластеров осуществляется центрами кластерного развития, являющимися элементами инновационной инфраструктуры региона. Центры кластерного развития выполняют функции координации участников, содействия в установлении кооперационных связей, организации трансфера технологий и продвижения продукции кластера на внешние рынки.

Кластерный подход обеспечивает ускорение диффузии инноваций за счет сокращения времени и издержек на передачу технологий между участниками объединения. В рамках строительного кластера формируются производственно-кооперационные цепочки, объединяющие производителей строительных материалов, проектные организации и застройщиков, что позволяет сократить разрыв между разработкой инновационного продукта и его внедрением в строительную практику. Исследования показывают, что в случае перехода на использование инновационных материалов при реализации системы построения партнерских отношений в рамках кластера может существенно возрастать индекс эффективности управления инновациями [6; 10].

Важным направлением инновационного развития строительных кластеров является цифровизация. Сквозная диджитализация бизнеса, внедрение BIM- и CRM-систем рассматриваются как необходимые условия модернизации строительного сектора. Тем не менее, недостаточность ресурсов регионального бизнеса для проведения модернизации в указанных форматах обусловливает необходимость создания инновационного строительного кластера, объединяющего усилия ведущих региональных игроков и обеспечивающего обучение персонала и трансфер цифровых решений. Кластер в этом контексте становится центром компетенций, аккумулирующим лучшие практики и обеспечивающим их распространение среди участников.

Инновационно-инвестиционный и цифровой потенциалы кластера реализуется также через участие в национальных проектах и программах. В частности, в Калининградской области предпосылкой кластеризации выступает реализация национального проекта «Безопасные качественные дороги», в рамках которого формируется спрос на инновационные дорожно-строительные материалы и технологии в условиях уникальной территориальной единицы РФ – эксклава. [13].

Воздействие региональных строительных кластеров на инвестиционно-инновационную активность и повышения уровня цифровой зрелости мезотерриторий проявляется в нескольких аспектах. Первый из них связан с прямым эффектом кластерных инвестиций. В частности, данные по Тюменской области показывают, что объем инвестиций в строительную сферу региона превысил 3,6 млрд. руб., что укрепило ее устойчивость и конкурентоспособность. При этом совокупный объем инвестиций по проектам, реализуемым в рамках кластера, к 2025 году достиг почти 11 млрд. руб. [6; 12].

Второй аспект заключается в мультипликативном эффекте кластерных инвестиций. Развитие производств строительных материалов и конструкций в рамках кластера стимулирует спрос на продукцию смежных отраслей, создает рабочие места и увеличивает налоговые поступления в бюджеты всех уровней. Так, вклад тюменского кластера в бюджеты всех уровней в виде налоговых поступлений составил 4,4 млрд. руб., что свидетельствует о значительном фискальном эффекте кластеризации [12].

Третье направление связано с повышением инвестиционной привлекательности мезотерритории в целом. Формирование кластера улучшает деловой климат, снижает риски для внешних инвесторов за счет наличия развитой кооперационной инфраструктуры и создает предпосылки для привлечения инвестиций в смежные отрасли. Кластерные объединения стимулируют взаимовыгодное сотрудничество между предприятиями, упрощают доступ к государственным мерам поддержки и позволяют диверсифицировать региональную экономику. Это особенно важно для мезотерриторий, характеризующихся моноотраслевой структурой экономики и высокой зависимостью от конъюнктуры ограниченного числа рынков.

Четвертый аспект состоит в изменении структуры инвестиций. Кластерный подход способствует смещению инвестиционных потоков в сторону проектов, связанных с импортозамещением и технологической модернизацией. Так, в рамках тюменского кластера были заключены договоры на реализацию восьми инвестиционных проектов по импортозамещению общей стоимостью около 4,5 млрд. руб. [9].

Необходимо заметить, что успешность функционирования региональных строительных кластеров существенно зависит от уровня диджитализации мезотерритории, качества социально-институциональной среды и уровня государственной поддержки. Данное обстоятельство позволяет выделить ряд

ключевых условий, определяющих успешность кластерных инициатив именно в строительной сфере [6; 8].

Так, первым из них является наличие специализированной организации, выполняющей функции координации и развития кластера. В частности, в Тюменской области подобной организацией выступила Ассоциация «Строительно-индустриальный кластер», созданная при Торгово-промышленной палате региона [12]. Наличие института развития позволяет обеспечить системное взаимодействие участников кластера, организовать работу по формированию производственно-кооперационных цепочек и обеспечить представительство интересов кластера в органах власти.

Вторым условием является интеграция кластера в систему федеральных и региональных мер поддержки. Включение тюменского кластера в федеральный реестр промышленных кластеров Минпромторга России открыло для его участников доступ к комплексу внутрикластерных льгот и преференций [12]. На региональном уровне правительство Тюменской области оказывает содействие в реализации кластерных проектов, в том числе через механизмы государственно-частного партнерства.

Третьим условием выступает ориентация кластера на решение задач импортозамещения и технологического суверенитета. В условиях внешних ограничений данная ориентация обеспечивает кластерным проектам приоритетную поддержку со стороны государства и формирует устойчивый спрос на продукцию участников кластера. Калининградский проект промышленного строительного кластера в дорожной отрасли прямо ориентирован на замещение зарубежного сырья и внедрение инновационных материалов, что соответствует стратегическим приоритетам обеспечения технологической независимости [3; 13].

Четвертым условием является развитие межрегиональной и международной кооперации. Тюменский кластер объединяет компании из девяти регионов России и Республики Казахстан, что свидетельствует о преодолении локальной замкнутости и формировании сетевых структур более высокого порядка [12]. Межрегиональная кооперация позволяет участникам кластера получить доступ к ресурсам и компетенциям, отсутствующим на локальном уровне, и расширяет рынки сбыта продукции.

Наконец, пятым условием является связь кластера с научно-образовательными учреждениями. Интеграция университетов и научных организаций в структуру кластера обеспечивает генерацию знаний и их трансфер в производственную практику. В Калининградской области модель кластера предусматривает интеграцию научно-образовательных учреждений в качестве полноправных участников, что создает предпосылки для совместных исследований и разработок в сфере дорожно-строительных материалов [3; 13].

Несмотря на позитивные результаты, достигнутые в ряде регионов, процесс формирования строительных кластеров сталкивается с существенными проблемами и рисками. Одной из ключевых проблем является ограниченное распространение строительных кластеров в российской экономике. Исследования фиксируют, что строительные кластеры функционируют лишь в ограниченном числе регионов, что свидетельствует о наличии системных барьеров для кластеризации в данной сфере [6; 8]. К таким барьерам относятся высокая капиталоемкость строительного производства, длительность инвестиционных циклов, локальный характер рынков строительной продукции и низкая инновационная активность значительной части строительных предприятий.

Второй проблемой является неравномерность распределения эффектов кластеризации между участниками. Крупные предприятия, обладающие значительными ресурсами и административным влиянием, получают непропорционально большую долю выгод от участия в кластере, тогда как малые и средние предприятия зачастую остаются на периферии кластерных процессов. Исследования отмечают, что поддерживаемые государством пилотные кластеры с крупным предприятием в центре не способствуют созданию конкурентной среды внутри интегрированного образования. Это создает риск превращения кластера в инструмент укрепления монопольного положения отдельных участников рынка.

Еще одним «узким местом» кластеров является зависимость реализации проектов в рамках их функционирования от государственной поддержки. Сокращение объемов финансирования или изменение приоритетов государственной политики может привести к замедлению или остановке кластерных инициатив. В этой связи, актуальной задачей является формирование механизмов самофинансирования кластерного развития, обеспечивающих устойчивость кластеров независимо от конъюнктуры государственной поддержки [6; 8].

Помимо аспектов, указанных выше, имеет место сложность оценки эффективности кластерных инициатив. Отсутствие единой системы показателей, позволяющей сопоставлять результаты функционирования кластеров в различных регионах и отраслях, затрудняет выработку обоснованных управленческих решений. Исследователи предлагают системы индикаторов, включающие группы показателей производственной деятельности, инновационной активности, партнерств и кадрового обеспечения, однако их практическое применение требует адаптации к специфике конкретных кластеров и регионов [6]. Кроме того, довольно часто отсутствует возможность имитации кластерных процессов. Формирование кластеров может осуществляться формально, без реальной интеграции участников и создания устойчивых кооперационных связей, исключительно для получения доступа к мерам государственной поддержки. Такая имитация дискредитирует кластерный подход и снижает эффективность использования бюджетных ресурсов. Преодоление данного риска требует развития системы мониторинга и оценки реальных результатов кластерной деятельности, а также ужесточения требований к участникам кластерных объединений.

Подводя итог сказанному выше, необходимо заключить, что кластерный подход позволяет объединить усилия предприятий строительной индустрии, научных и образовательных организаций, а также публичных органов власти для технологического обновления и импортозамещения. Инновационное назначение кластеров раскрывается посредством создания инновационной инфраструктуры, ускоренного распространения технологий, цифровой трансформации строительства и включения в национальные проекты. Инвестиционная роль проявляется в непосредственном увеличении инвестиций в кластерные проекты, мультипликативном воздействии на смежные отрасли, росте инновационной привлекательности мезотерритории и сдвиге структуры инвестиционных потоков в сторону импортозамещающих и технологически ориентированных проектов.

При этом результативность кластеризации зависит от состояния институциональной среды и объема государственной поддержки. В числе ключевых условий успеха – наличие специализированной организации по развитию кластера, включение в систему федеральных и региональных мер поддержки, нацеленность на импортозамещение, развитие кооперации между регионами и взаимодействие с научными и образовательными организациями. Для преодоления проблем и рисков кластеризации необходимо совершенствовать мониторинг и оценку результативности кластерных инициатив, обеспечивать равный доступ участников к ресурсам кластера, а также формировать механизмы самофинансирования кластерного развития.

Перспективы развития кластерного подхода в строительной сфере связаны с территориальным расширением кластерных инициатив, углублением кооперации между регионами и на международном уровне, а также включением кластерной политики в общую систему пространственного развития Российской Федерации. Реализация этих направлений даст возможность полнее раскрыть потенциал региональных строительных кластеров как инструмента инновационного развития, инвестиционной активности мезотерриторий и повышения уровня цифровой зрелости как конкретного субъекта РФ, так и страны в целом.

Литература

1. Атлас промышленных кластеров России – 2025: ежегодное деловое издание/ Е.И. Кравченко, Н.Е. Пономаренко, С.Р. Хаметов, К.Р. Хлудина; Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России; – Москва: АКИТ РФ, 2025 – 54 с.: ил. – ISBN 978-5-6055147-1-8
2. Баринов М.А., Тотьмянина С.И. Формирование высокотехнологичных кластеров как основа экономической безопасности мезотерриторий // Вестник Академии знаний. 2025. №2 (67). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-vysokotehnologichnyh-klasterov-kak-osnova-ekonomicheskoy-bezopasnosti-mezoterritoriy (дата обращения: 22.09.2026).
3. Боднар Т.И., Проваторова Г.В. Формирование стратегии кластерного развития дорожно-строительного комплекса в условиях анклавной территории (на материалах Калининградской области) // РЭиУ. 2022. №4 (72). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-strategii-klasternogo-razvitiya-dorozhno-stroitelnogo-kompleksa-v-usloviyah-anklavnoy-territorii-na-materialah (дата обращения: 22.09.2026).
4. Дагестанский промкластер стройматериалов получил аккредитацию Минпромторга РФ [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/8781619?from=26_top_main_1 (дата обращения 19.09.2026)
5. Деловое объединение кластеров России [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://www.clusterunion.ru/?ysclid=muck4y81gb216713213 (дата обращения 20.09.2026)
6. Кластеризация региональной экономики: проблемы финансирования и мониторинга деятельности региональных кластеров / П. Н. Юрова, И. Н. Макаров, Е. А. Покидова, Е. А. Хрючкина // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 7. – С. 2013-2028.
7. Носонов А. М. Формирование инновационных территориальных кластеров в регионах России // Регионология. 2023. Т. 31, № 3. С. 498–513. https://doi.org/10.15507/2413- 1407.124.031.202303.498-513
8. Печаткин В.В. Развитие промышленных кластеров в регионах России: проблемы и мероприятия по их решению // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2024. № 5. С. 55–62.
9. Промышленный модульный кластер Башкирии включён в реестр [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://vnesenie-v-reestr.ru/news/minpromtorg-vklyuchil-klaster-bashkirii-v-reestr-posledstviya-dlya-biznesa?ysclid=mucjvctu7247146398 (дата обращения 20.09.2026)
10. Симонова А.А. Экономические эффекты цифровой трансформации строительной отрасли России: комплексная оценка и прогноз до 2030 года / А.А. Симонова, Н.Ф.о., Алиев, А.А. Астанаев // Финансовая экономика. – 2025. – №4. – С. 254–258.

11. Симонова М.В. Кластерный подход в проектировании пространственного развития региона /М.В. Симонова, В.А. Елин // Градостроительство и архитектура. – Самара. – 2024. – Т.14 - №3(56). – С.167-177
12. Строительно-индустриальный кластер Тюменской области стал драйвером развития отрасли [Электронный ресурс]// Режим доступа: https://stroygaz.ru (дата обращения 20.09.2026)
13. Трубникова Т.И., Проваторова Г.В. Создание промышленного строительного кластера как модель инновационного развития дорожной отрасли в условиях эксклава // Умные композиты в строительстве. 2026. - Т.7, вып. 2. С. 48-63. URL: https://comincon.ru/ru/nauka/issue/7391/view
14. Шманев С.В. Как, факторы и роль в экономике России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2025. № 7. С. 176-184; URL: https://vaael.ru/article/view?id=4238 (дата обращения: 20.09.2026).

Regional construction clusters as a driver of innovative development and investment activity of mesoterritories

Kulikova I.Yu.
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs

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

This article examines the role of regional construction clusters as a driver of innovative development and investment activity of mesoterritories. Based on the analysis of Russian experience, specific features of construction clusters were identified due to the multiplicity of participants, high capital intensity and local nature of the markets. The work shows that clustering ensures the consolidation of the efforts of enterprises, scientific and educational institutions and authorities, contributing to technological modernization and import substitution. The innovative function of clusters is implemented through the formation of innovative infrastructure, acceleration of technology diffusion, digitalization and participation in national projects; investment through direct investment growth, multiplier effect and increased investment attractiveness of territories. Empirically confirmed positive dynamics on the example of the construction and industrial cluster of the Tyumen region. In addition, the article pays special attention to the conditions for the formation of cluster initiatives, as well as a set of systemic problems that arise when they arise.

Keywords: region, cluster, construction sector, investment attractiveness, development of mesoterritories, digitalization, innovative activity, driver.

References

1. Atlas of industrial clusters of Russia - 2025: annual business publication/E.I. Kravchenko, N.E. Ponomarenko, S.R. Khametov, K.R. Khludina; Association of Clusters, Technoparks and SEZs of Russia; - Moscow: AKIT RF, 2025 - 54 p.: ill. – ISBN 978-5-6055147-1-8
2. Barinov M.A., Totmianina S.I. The formation of high-tech clusters as the basis for the economic security of mesoterritories//Bulletin of the Academy of Knowledge. 2025. №2 (67). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-vysokotehnologichnyh-klasterov-kak-osnova-ekonomicheskoy-bezopasnosti-mezoterritoriy (дата обращения: 22.09.2026).
3. Bodnar T.I., Provatorova G.V. Formation of a strategy for the cluster development of a road construction complex in an enclave territory (based on materials from the Kaliningrad region) //REiU. 2022. №4 (72). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-strategii-klasternogo-razvitiya-dorozhno-stroitelnogo-kompleksa-v-usloviyah-anklavnoy-territorii-na-materialah (дата обращения: 22.09.2026).
4. Dagestan industrial cluster of building materials received accreditation of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation [Electronic resource] //Access mode: https://www.kommersant.ru/doc/8781619?from=26_top_main_1 (date of appeal 19.09.2026)
5. Business association of Russian clusters [Electronic resource] //Access mode: https://www.clusterunion.ru/?ysclid=muck4y81gb216713213 (date of appeal 20.09.2026)
6. Clustering of the regional economy: problems of financing and monitoring the activities of regional clusters/P.N. Yurova, I.N. Makarov, E.A. Pokidova, E.A. Khryuchkina//Economics, Entrepreneurship and Law. – 2022. - T. 12, NO. 7. - S. 2013-2028.
7. Nosonov A.M. Formation of innovative territorial clusters in the regions of Russia//Regionology. 2023. VOL. 31, NO. 3. S. 498-513. https://doi.org/10.15507/2413-1407.124.031.202303.498-513
8. Pechatkin V.V. Development of industrial clusters in the regions of Russia: problems and measures to solve them//Economics and management: scientific and practical journal. 2024. № 5. S. 55-62.
9. The industrial modular cluster of Bashkiria is included in the register [Electronic resource] //Access mode: https://vnesenie-v-reestr.ru/news/minpromtorg-vklyuchil-klaster-bashkirii-v-reestr-posledstviya-dlya-biznesa?ysclid=mucjvctu7247146398 (date of contact 20.09.2026)
10. Simonova A.A. Economic effects of digital transformation of the construction industry in Russia: a comprehensive assessment and forecast until 2030/A.A. Simonova, N.F.O., Aliyev, A.A. Astanaev//Financial Economy. - 2025. - No. 4. - S. 254-258.
11. Simonova M.V. Cluster approach in the design of spatial development of the region/M.V. Simonova, V.A. Elin//Urban planning and architecture. - Samara. – 2024. - T.14 - No. 3 (56). - P.167-177
12. The construction and industrial cluster of the Tyumen region has become a driver for the development of the industry [Electronic resource]//Access mode: https://stroygaz.ru (date of contact 20.09.2026)
13. Trubnikova T.I., Provatorova G.V. Creation of an industrial construction cluster as a model of innovative development of the road industry in exclave conditions//Smart composites in construction. 2026. - T.7, issue 2. S. 48-63. URL: https://comincon.ru/ru/nauka/issue/7391/view
14. Shmanev S.V. As, factors and role in the Russian economy//Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2025. № 7. S. 176-184; URL: https://vaael.ru/article/view?id=4238 (access date: 20.09.2026).

Методический подход к оценке инновационного потенциала отраслей экономики региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения

Махонич Игорь Викторович
старший преподаватель, кафедра менеджмента и экономической безопасности, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, mahonich@yandex.ru

В статье предложен методический подход к оценке инновационного потенциала отраслей экономики региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения, апробированный на материалах Луганской Народной Республики. Информационную базу составили данные официальной статистики, отчётность предприятий и организаций инновационной инфраструктуры региона за 2023–2025 гг. Полнота состава подсистем региональной инновационной инфраструктуры оценена с помощью коэффициента K_j, частные показатели отраслевых блоков нормированы в диапазоне 0–1 и агрегированы в блочные индексы, интегральный индекс отраслевого инновационного потенциала $I_{инт}$ рассчитан с применением коэффициента «штрафа за узкое место» ($\omega = 0{,}3$). Показано, что наибольшим инновационным потенциалом характеризуются машиностроение и ИТ-сектор, а ограничением для большинства отраслей выступает финансово-инвестиционный блок (для агропромышленного комплекса – научно-технический). Научная новизна работы состоит в отраслевой дифференциации оценки инновационного потенциала восстанавливающегося региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения, достигаемой сочетанием оценки полноты состава подсистем инновационной инфраструктуры (коэффициент K_j) с блочно-интегральной оценкой отраслевого потенциала, учитывающей «узкие места» посредством коэффициента ω. Результаты формируют аналитическую основу механизма развития инновационного предпринимательства в региональной экономике.

Ключевые слова: инновационный потенциал, региональная экономика, отраслевой разрез, инновационное предпринимательство, инновационная инфраструктура, коэффициент полноты состава, интегральный индекс, «штраф за узкое место», Луганская Народная Республика.

Финансирование. Исследование выполнено без привлечения внешнего финансирования.

Введение

В условиях восстановительного развития экономики Луганской Народной Республики инновационное предпринимательство рассматривается как ключевой эндогенный фактор качественного обновления производственно-технологической базы и диверсификации отраслевой структуры региональной экономики. Вместе с тем целенаправленное развитие инновационного предпринимательства невозможно без объективной оценки инновационного потенциала региона, причём именно в отраслевом разрезе: отрасли различаются по капиталоёмкости, кадровой структуре, научно-техническому заделу и восприимчивости к нововведениям, поэтому усреднённые региональные оценки маскируют реальные точки роста и ограничения.

Категория экономического механизма [3] предполагает, что выбор инструментов регионального воздействия должен опираться на диагностику состояния объекта управления. Применительно к инновационному предпринимательству такой диагностикой выступает оценка инновационного потенциала отраслей и полноты состава региональной инновационной инфраструктуры, результаты которой определяют состав и последовательность управленческих решений.

Особенностью Луганской Народной Республики является фрагментарность статистического наблюдения, что делает неприменимыми традиционные методики рейтингования инновационного развития регионов. Требуется адаптированный инструментарий, сочетающий нормированные статистические показатели с экспертно-балльными оценками и учитывающий «узкие места» инновационной системы региона.

Цель исследования – оценка инновационного потенциала Луганской Народной Республики в отраслевом разрезе и обоснование на её основе отраслевых приоритетов развития инновационного предпринимательства в региональной экономике.

Степень разработанности проблемы

Системные представления об инновационном развитии территорий сформированы в рамках концепций национальных и региональных инновационных систем, заложенных в работах P. Cooke, C. Freeman и B.-Å. Lundvall [11; 13; 16], модели «тройной спирали» H. Etzkowitz и L. Leydesdorff [12], а также в исследованиях дифференцированной региональной инновационной политики F. Tödtling и M. Trippl [20], обосновавших недопустимость универсальных рецептов для регионов с различным уровнем развития инновационной среды.

Предпринимательский контур инновационного развития раскрывается в концепциях предпринимательской экосистемы D. Isenberg и E. Stam [15; 19], исследованиях генезиса экосистемного подхода Z. Acs, D. Audretsch и соавторов [8], в положении о контекстуальном характере предпринимательских инноваций [9], кластерном подходе M. Porter [18], а также в исследованиях региональной предпринимательской культуры и эволюционной резильентности регионов R. Boschma, M. Fritsch и M. Wyrwich [10; 14]. Новейший этап развития экосистемного направления отражают систематизация его исследовательской программы B. Wurth, E. Stam и B. Spigel [21], а также обзор предпринимательства в постконфликтных экономиках A. Moritz, J. Block и F. Morina [17], непосредственно значимый для регионов с восстанавливающейся экономикой.

В отечественной науке взаимосвязь направлений государственной политики с провалами национальной инновационной системы раскрыта О. Г. Голиченко [2], региональные институциональные факторы развития предпринимательства выявлены В. А. Бариновой, С. П. Земцовым и Ю. В. Царевой [1]; категория экономического механизма исследована в классической работе А. Кульмана [3], а концепция институциональных ловушек В. М. Полтеровича [6] объясняет устойчивость низкой инновационной активности при незавершённости институциональной среды. Инновационные механизмы и инструменты развития экономического потенциала Луганской Народной Республики систематизированы в работах луганской научной школы П. Ю. Ткачуком и Е. И. Макаровой [7]. Отдельные аспекты рассматриваемой проблематики отражены в предыдущих работах автора: кластеризация обоснована как перспективное направление развития экономики региона [4], а инновации в управлении образовательной организацией раскрыты применительно к кадровой подсистеме региональной инновационной инфраструктуры [5].

Обобщение рассмотренных направлений показывает, что инструментарий отраслевой оценки инновационного потенциала восстанавливающегося региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения в литературе не предложен; настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела.

Научная новизна работы состоит в отраслевой дифференциации оценки инновационного потенциала восстанавливающегося региона в условиях фрагментарного статистического наблюдения, достигаемой сочетанием оценки полноты состава подсистем инновационной инфраструктуры (коэффициент K_j) с блочно-интегральной оценкой отраслевого потенциала, учитывающей «узкие места» посредством коэффициента ω.

Материалы и методы

Информационную базу исследования составили данные Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), ФНС России, территориального органа государственной статистики, отчётность предприятий, вузов, научных организаций и институтов поддержки предпринимательства Луганской Народной Республики за 2023–2025 гг. Экспертные оценки руководителей и специалистов профильных структур привлекались для верификации сведений; при расхождениях предпочтение отдавалось документально подтверждённым значениям.

В отраслевой разрез включены угольная промышленность, металлургия, машиностроение, агропромышленный комплекс и пищевая промышленность, а также ИТ-сектор – отрасли, определяющие вклад в валовой региональный продукт и занятость и обладающие подтверждённым научно-техническим заделом.

Полнота состава j-й подсистемы региональной инновационной инфраструктуры оценивается по формуле:

$$K_j = \frac{1}{n_j}\sum_{i=1}^{n_j}\delta_i, \qquad (1)$$

где K_j– коэффициент полноты состава j-й подсистемы инновационной инфраструктуры $(0 \le K_j \le 1)$; n_j– число элементов подсистемы; δ_i– балльная оценка состояния i-го элемента: 1 – действует; 0,5 – формируется или функция выполняется частично; 0 – отсутствует.

Частные показатели отраслевых блоков (кадрового, научно-технического, производственно-технологического и финансово-инвестиционного) нормируются в диапазоне от 0 до 1 и агрегируются в блочные индексы:

$$I_b = \frac{1}{m_b}\sum_{k=1}^{m_b} x_{\text{норм},k}, \qquad (2)$$

где I_b– блочный индекс b-го блока; m_b– число показателей блока; $x_{\text{норм},k}$– нормированное значение k-го частного показателя.

Нормирование частных показателей осуществляется методом линейного масштабирования (min-max).

Для показателей-стимуляторов:

$$x_{\text{норм}} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \qquad (3)$$

для показателей-дестимуляторов (степень износа основных фондов, коэффициент оттока квалифицированных кадров):

$$x_{\text{норм}} = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}, \qquad (4)$$

где $x_{\min}$и $x_{\max}$– соответственно минимальное и максимальное значения показателя по совокупности рассматриваемых отраслей.

Экспертно-балльные оценки формировались группой из семи экспертов – представителей профильных министерств, университетов и организаций инфраструктуры поддержки Республики – по пятибалльной шкале с вербальными якорями значений баллов; оценки выставлялись индивидуально и независимо, а при разбросе индивидуальных оценок более чем в два балла параметр выносился на очное обсуждение с повторным оцениванием. Усреднённые экспертные баллы переводились в диапазон 0–1 делением на максимальный балл шкалы. Состав частных показателей по блокам приведён в таблице 1.

Таблица 1
Состав частных показателей блочной оценки инновационного потенциала отраслей

Блок оценки	Частные показатели	Источники данных
Кадровый	доля занятых с высшим образованием; численность исследователей и разработчиков в расчёте на 1000 занятых в отрасли; доля работников в возрасте до 39 лет; коэффициент оттока квалифицированных кадров (дестимулятор)	ЕМИСС, отчётность предприятий
Научно-технический	число выполняемых НИОКР отраслевого профиля; количество действующих охранных документов на объекты интеллектуальной собственности; глубина кооперации с вузами и научными организациями (экспертно-балльная оценка)	отчётность вузов и научных организаций, экспертные оценки
Производственно-технологический	степень износа основных фондов (дестимулятор); доля модернизированных производственных мощностей; уровень цифровизации производственных процессов (экспертно-балльная оценка)	отчётность предприятий, экспертные оценки
Финансово-инвестиционный	доля затрат на технологические инновации в общем объёме затрат; объём инвестиций в основной капитал в расчёте на одного занятого; доступность внешнего финансирования инновационных проектов (экспертно-балльная оценка)	ФНС России, отчётность предприятий, экспертные оценки

Примечание – составлено автором; показатели-дестимуляторы и показатели, формируемые методом экспертно-балльной оценки, отмечены в скобках; остальные показатели являются стимуляторами и рассчитываются по данным статистики и отчётности.

Интегральный индекс отраслевого инновационного потенциала определяется по формуле:

$$I_{\text{инт}} = (1-\omega)\cdot\frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} I_b + \omega\cdot\min(I_b), \qquad (5)$$

где $I_{\text{инт}}$– интегральный индекс отраслевого инновационного потенциала; B– число блоков оценки; I_b– значение блочного индекса b-го блока; ω– коэффициент «штрафа за узкое место» $(0 \le \omega \le 1)$. В исследовании принято значение $\omega = 0{,}3$.

Такой способ агрегирования ограничивает компенсационный эффект усреднения: низкая оценка одного блока не может быть полностью перекрыта высокими оценками остальных, что отражает системный характер инновационного потенциала. Значение $\omega = 0{,}3$принято как компромисс между простым усреднением $(\omega = 0)$и оценкой по минимальному значению блочного индекса $(\omega = 1)$. Устойчивость ранжирования отраслей к выбору значения коэффициента проверялась посредством пересчёта интегральных индексов при варьировании ωв диапазоне от 0,2 до 0,4. Результаты проверки приведены в разделе «Результаты исследования».

Интерпретация значений индексов ведётся по пяти интервалам: 0,35 и менее – низкий уровень; свыше 0,35 до 0,50 включительно – ниже среднего; свыше 0,50 до 0,65 включительно – средний; свыше 0,65 до 0,80 включительно – выше среднего; свыше 0,80 – высокий.

Процедура оценки включает фиксацию состава подсистем инновационной инфраструктуры и расчёт коэффициентов K_j; отбор и нормирование частных показателей по отраслям; расчёт блочных индексов и интегрального индекса $I_{\text{инт}}$; выявление «узких мест» отраслевого потенциала и интерпретацию результатов с поправкой на отраслевую специфику.

Результаты исследования

Результаты оценки полноты состава подсистем инновационной инфраструктуры Луганской Народной Республики представлены в таблице 2: наиболее сформирована информационно-консалтинговая подсистема (K_j = 0,90), базовые элементы финансовой подсистемы также действуют (K_j = 0,75), тогда как критическим «узким местом» выступает производственно-технологическая подсистема (K_j = 0,10); экспертно-правовая и сбытовая подсистемы сформированы наполовину.

Результаты блочной и интегральной оценки инновационного потенциала отраслей представлены в таблице 3: наибольшие значения интегрального индекса получены для машиностроения и ИТ-сектора ($I_{\text{инт}}$ = 0,48), для металлургии и агропромышленного комплекса значения составили 0,44, для угольной промышленности – 0,39. Все отрасли находятся в зоне «ниже среднего»; «узким местом» большинства отраслей выступает финансово-инвестиционный блок, за исключением агропромышленного комплекса, где минимальное значение имеет научно-технический блок (0,38) при близком к нему финансово-инвестиционном (0,42). Проверка чувствительности подтвердила устойчивость полученного ранжирования: при варьировании ω в диапазоне 0,2–0,4 состав группы лидеров (машиностроение и ИТ-сектор) и аутсайдера (угольная промышленность) не изменяется, а все отрасли остаются в зоне «ниже среднего».

Для иллюстрации расчёта рассмотрим машиностроение. Средняя блочных индексов составляет (0,62 + 0,58 + 0,49 + 0,38)/4 = 0,5175; минимальный блочный индекс равен 0,38. Тогда $I_{\text{инт}}$ = 0,7 × 0,5175 + 0,3 × 0,38 = 0,3623 + 0,1140 = 0,4763 ≈ 0,48. «Штраф за узкое место» снижает оценку на 0,04 по сравнению с простым усреднением, что отражает сдерживающее влияние финансово-инвестиционного блока на реализацию кадрового и научно-технического задела отрасли.

Таблица 2

Оценка полноты состава подсистем инновационной инфраструктуры Луганской Народной Республики

Подсистема инновационной инфраструктуры	K_j	Характеристика состояния
Производственно-технологическая	0,10	специализированные объекты (технопарки, бизнес-инкубаторы, инжиниринговые центры) отсутствуют; создание индустриальных парков и технопарка находится на стадии соглашений о намерениях
Финансовая	0,75	базовые элементы сформированы (микрофинансирование, гарантийная поддержка, промышленное софинансирование); венчурное финансирование отсутствует
Информационно-консалтинговая	0,90	сервисная поддержка предпринимательства по принципу «одного окна»; функция трансфера технологий выполняется частично на базе вузов, специализированный центр отсутствует
Кадровая	0,67	университеты и организации среднего профессионального образования действуют; специализированные программы предпринимательских компетенций фрагментарны
Экспертно-правовая	0,50	консультирование по патентно-лицензионным вопросам и сертификации; собственные специализированные организации отсутствуют
Сбытовая (маркетинговая)	0,50	содействие размещению продукции на торговых площадках и выставочная деятельность; центр поддержки экспорта отсутствует

Примечание – составлено автором на основе результатов оценки состояния элементов инновационной инфраструктуры региона. Нормативное число элементов подсистем (n_j) принято следующим: производственно-технологическая – 5 (технопарк, индустриальный парк, бизнес-инкубатор, инжиниринговый центр, центр коллективного пользования оборудованием); финансовая – 4 (фонд микрофинансирования, гарантийная организация, фонд развития промышленности, венчурный фонд); информационно-консалтинговая – 5 (центр поддержки предпринимательства, консультационные службы, информационные сервисы, цифровая платформа поддержки, центр трансфера технологий); кадровая – 3 (вузы, организации среднего профессионального образования, программы предпринимательских компетенций); экспертно-правовая – 3 (патентные службы, центры сертификации, экспертные организации); сбытовая – 3 (центр поддержки экспорта, выставочно-ярмарочные структуры, электронные торговые площадки).

Таблица 3

Блочная и интегральная оценка инновационного потенциала отраслей экономики Луганской Народной Республики

Отрасль	Кадровый блок	Научно-технический блок	Производственно-технологический блок	Финансово-инвестиционный блок	$I_{инт}$	Уровень
Машиностроение	0,62	0,58	0,49	0,38	0,48	ниже среднего
ИТ-сектор	0,68	0,54	0,60	0,33	0,48	ниже среднего
Металлургия	0,58	0,44	0,52	0,35	0,44	ниже среднего
Агропромышленный комплекс и пищевая промышленность	0,50	0,38	0,55	0,42	0,44	ниже среднего
Угольная промышленность	0,55	0,40	0,45	0,30	0,39	ниже среднего

Примечание – составлено автором на основе нормированных значений частных показателей отраслевых блоков.

Обсуждение результатов

Отраслевая интерпретация результатов показывает, что потенциал машиностроения опирается на кадровый и научно-технический задел при ограничениях, связанных с изношенностью основных фондов и дефицитом финансирования модернизации. ИТ-сектор характеризуется высокой кадровой составляющей и низкой капиталоёмкостью, однако сдерживается оттоком специалистов и отсутствием инструментов венчурного финансирования. Потенциал металлургии определяется модернизационными возможностями крупных предприятий, агропромышленного комплекса – технологическим обновлением переработки, а угольной промышленности – цифровизацией и повышением промышленной безопасности, а не расширением добычи.

Совпадение «узкого места» – финансово-инвестиционного блока – в большинстве отраслей согласуется с состоянием инновационной инфраструктуры региона: при сформированных базовых элементах финансовой подсистемы (K_j = 0,75) – микрофинансировании, гарантийной поддержке и промышленном софинансировании – инструменты венчурного и посевного финансирования ранних стадий инновационных проектов отсутствуют, а критическое «узкое место» самой инфраструктуры – производственно-технологическая подсистема (K_j = 0,10) – ограничивает материальную базу реализации проектов. Недостаток институтов финансирования ранних стадий транслируется в отраслевые ограничения, что подтверждает взаимообусловленность инновационной инфраструктуры и отраслевого инновационного потенциала. В агропромышленном комплексе минимальным является научно-технический блок (0,38), однако и финансово-инвестиционный блок (0,42) находится в зоне низких значений, что не противоречит общему выводу о дефиците инструментов финансирования инноваций.

Устойчивость выявленной конфигурации ограничений объясняется концепцией институциональных ловушек [6]: при отсутствии механизмов финансирования и трансфера технологий предпринимательский сектор воспроизводит традиционный низкотехнологичный профиль. Выход из такой ловушки требует скоординированного пакета мер, а не точечных воздействий, что согласуется с дифференцированным подходом к региональной инновационной политике [20]. О типичности выявленной конфигурации ограничений для восстанавливающихся регионов свидетельствует сопоставление с регионом-аналогом – Донецкой Народной Республикой, где при сопоставимой динамике предпринимательского сектора и функционирования свободной экономической зоны фиксируются аналогичные ограничения: преобладание торгового профиля малого и среднего предпринимательства и незавершённость специализированной инновационной инфраструктуры.

Полученные результаты подтверждают положение о контекстуальном характере предпринимательских инноваций [9]: одинаковые инструменты поддержки дают различный эффект в отраслях с разной структурой потенциала. Отсюда следует необходимость отраслевой адресности механизма развития инновационного предпринимательства: для машиностроения и ИТ-сектора приоритетны инструменты финансирования и коммерциализации, для металлургии и агропромышленного комплекса – стимулирование технологического обновления, для угольной промышленности – поддержка внедрения цифровых решений и технологий безопасности.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие выводы. Во-первых, полнота состава подсистем инновационной инфраструктуры Луганской Народной Республики неравномерна: коэффициент K_j варьирует от 0,90 для информационно-консалтинговой подсистемы до 0,10 для производственно-технологической, что задаёт первоочередные направления институционального строительства региональной инновационной системы.

Во-вторых, отраслевая оценка показала, что наибольшим инновационным потенциалом характеризуются машиностроение и ИТ-сектор ($I_{инт}$ = 0,48), а «узким местом» большинства отраслей выступает финансово-инвестиционный блок (в агропромышленном комплексе – научно-технический). Практическая ценность полученных результатов состоит в обосновании отраслевых приоритетов механизма развития инновационного предпринимательства в региональной экономике.

В-третьих, ограничениями исследования являются фрагментарность регионального статистического наблюдения, экспертный характер части оценок, чувствительность результатов к принятой интерпретационной шкале и значению коэффициента ω. Полученные значения корректно рассматривать как диагностическую основу сравнительного обоснования решений, а не как итоговую характеристику отраслей.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются расширение состава частных показателей, калибровка коэффициента ω, дополнение статической оценки анализом динамики инновационного потенциала и расширением сопоставления с регионами-аналогами, а также увязка результатов оценки с процедурами отбора инновационных проектов в механизме развития региональной экономики.

Литература

1. Баринова В. А., Земцов С. П., Царева Ю. В. Предпринимательство и институты: есть ли связь на региональном уровне в России? // Вопросы экономики. – 2018. – № 6. – С. 92–116. – DOI 10.32609/0042-8736-2018-6-92-116.
2. Голиченко О. Г. Государственная политика и провалы национальной инновационной системы // Вопросы экономики. – 2017. – № 2. – С. 97–108. – DOI 10.32609/0042-8736-2017-2-97-108.
3. Кульман А. Экономические механизмы: пер. с фр. – Москва: Прогресс; Универс, 1993. – 192 с.
4. Махонич И. В. Кластеризация как перспективное направление развития экономики региона // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2018. – № 2(8). – С. 62–66. – EDN YWQRQH.
5. Махонич И. В., Мельник Н. А. Инновации в управлении образовательным учреждением // Вестник Луганского государственного университета им. Владимира Даля. Серия: Экономические науки. – 2025. – № 1(2). – С. 31–38. – EDN LAPJIX.
6. Полтерович В. М. Институциональные ловушки и экономические реформы // Экономика и математические методы. – 1999. – Т. 35, № 2. – С. 3–20.
7. Ткачук П. Ю., Макарова Е. И. Инновационные механизмы и инструменты развития экономического потенциала Луганской Народной Республики //

Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 4, № 12. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.12.04.018.
8. Acs Z. J., Stam E., Audretsch D. B., O'Connor A. The Lineages of the Entrepreneurial Ecosystem Approach // Small Business Economics. – 2017. – Vol. 49, no. 1. – P. 1–10. – DOI 10.1007/s11187-017-9864-8.
9. Autio E., Kenney M., Mustar P., Siegel D., Wright M. Entrepreneurial Innovation: The Importance of Context // Research Policy. – 2014. – Vol. 43, no. 7. – P. 1097–1108. – DOI 10.1016/j.respol.2014.01.015.
10. Boschma R. Towards an Evolutionary Perspective on Regional Resilience // Regional Studies. – 2015. – Vol. 49, no. 5. – P. 733–751. – DOI 10.1080/00343404.2014.959481.
11. Cooke P. Systems of Innovation and the Learning Region // Handbook of Regional Science / eds. M. M. Fischer, P. Nijkamp. – Berlin: Springer, 2021. – P. 835–853.
12. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Dynamics of Innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations // Research Policy. – 2000. – Vol. 29, no. 2. – P. 109–123. – DOI 10.1016/S0048-7333(99)00055-4.
13. Freeman C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. – London: Pinter Publishers, 1987. – 155 p.
14. Fritsch M., Wyrwich M. Regional Trajectories of Entrepreneurship, Knowledge, and Growth: The Role of History and Culture. – Cham: Springer, 2019. – 144 p.
15. Isenberg D. J. How to Start an Entrepreneurial Revolution // Harvard Business Review. – 2010. – Vol. 88, no. 6. – P. 40–50.
16. Lundvall B.-Å. (ed.) National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. – London: Anthem Press, 2010. – 404 p.
17. Moritz A., Block J. H., Morina F. Entrepreneurship in Post-Conflict Countries: A Literature Review // Review of Managerial Science. – 2024. – Vol. 18, no. 10. – P. 3025–3083. – DOI 10.1007/s11846-023-00705-1.
18. Porter M. E. Clusters and the New Economics of Competition // Harvard Business Review. – 1998. – Vol. 76, no. 6. – P. 77–90.
19. Stam E., van de Ven A. Entrepreneurial Ecosystem Elements // Small Business Economics. – 2021. – Vol. 56, no. 2. – P. 809–832. – DOI 10.1007/s11187-019-00270-6.
20. Tödtling F., Trippl M. Regional Innovation Policies for New Path Development – Beyond Neo-liberal and Traditional Systemic Views // European Planning Studies. – 2018. – Vol. 26, no. 9. – P. 1779–1795. – DOI 10.1080/09654313.2018.1457140.
21. Wurth B., Stam E., Spigel B. Toward an Entrepreneurial Ecosystem Research Program // Entrepreneurship Theory and Practice. – 2022. – Vol. 46, no. 3. – P. 729–778. – DOI 10.1177/1042258721998948.

A methodological approach to assessing the innovation potential of regional economic sectors under fragmented statistical observation

Makhonich I.V.
Lugansk State University named after Vladimir Dahl

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

The article proposes a methodological approach to assessing the innovation potential of regional economic sectors under fragmented statistical observation, tested on the materials of the Lugansk People's Republic. The information base comprises official statistics and the reporting of enterprises and innovation-infrastructure organizations of the region for 2023–2025. The completeness of the regional innovation-infrastructure subsystems is assessed using the coefficient K_j; individual indicators of the sectoral blocks are normalized within the 0–1 range and aggregated into block indices, and the integral index of sectoral innovation potential I_{int} is calculated with a bottleneck-penalty coefficient ($\omega = 0.3$). It is shown that machine building and the IT sector have the highest innovation potential, while the financial-investment block is the constraint for most industries (the scientific-technical block for the agro-industrial complex). The scientific novelty lies in the sectoral differentiation of the innovation-potential assessment of a recovering region under fragmented statistical observation, achieved by combining the assessment of the completeness of innovation-infrastructure subsystems (coefficient K_j) with a block-integral assessment of sectoral potential that accounts for bottlenecks via the coefficient ω. The results form an analytical basis for the mechanism of innovative entrepreneurship development in the regional economy.

Keywords: innovation potential, regional economy, sectoral analysis, innovative entrepreneurship, innovation infrastructure, completeness coefficient, integral index, bottleneck penalty, Lugansk People's Republic.

References

1. Barinova V. A., Zemtsov S. P., Tsareva Yu. V. Entrepreneurship and institutions: Does the relationship exist at the regional level in Russia? *Voprosy Ekonomiki*, 2018, no. 6, pp. 92–116. (In Russ.) DOI 10.32609/0042-8736-2018-6-92-116.
2. Golichenko O. G. Public policy and failures of the national innovation system. *Voprosy Ekonomiki*, 2017, no. 2, pp. 97–108. (In Russ.) DOI 10.32609/0042-8736-2017-2-97-108.
3. Kul'man A. *Ekonomicheskie mekhanizmy* [Economic mechanisms]. Moscow, Progress, Univers Publ., 1993. 192 p. (In Russ.)
4. Makhonich I. V. Klasterizatsiya kak perspektivnoe napravlenie razvitiya ekonomiki regiona [Clustering as a promising direction for the development of the regional economy]. *Vestnik Luganskogo natsional'nogo universiteta imeni Vladimira Dalya*, 2018, no. 2(8), pp. 62–66. (In Russ.)
5. Makhonich I. V., Mel'nik N. A. Innovatsii v upravlenii obrazovatel'nym uchrezhdeniem [Innovations in the management of an educational institution]. *Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta im. Vladimira Dalya. Seriya: Ekonomicheskie nauki*, 2025, no. 1(2), pp. 31–38. (In Russ.)
6. Polterovich V. M. Institutsional'nye lovushki i ekonomicheskie reformy [Institutional traps and economic reforms]. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 3–20. (In Russ.)
7. Tkachuk P. Yu., Makarova E. I. Innovatsionnye mekhanizmy i instrumenty razvitiya ekonomicheskogo potentsiala Luganskoi Narodnoi Respubliki [Innovative mechanisms and tools for the development of the economic potential of the Lugansk People's Republic]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2025, vol. 4, no. 12. (In Russ.) DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.12.04.018.
8. Acs Z. J., Stam E., Audretsch D. B., O'Connor A. The lineages of the entrepreneurial ecosystem approach. *Small Business Economics*, 2017, vol. 49, no. 1, pp. 1–10. DOI 10.1007/s11187-017-9864-8.
9. Autio E., Kenney M., Mustar P., Siegel D., Wright M. Entrepreneurial innovation: The importance of context. *Research Policy*, 2014, vol. 43, no. 7, pp. 1097–1108. DOI 10.1016/j.respol.2014.01.015.
10. Boschma R. Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Regional Studies*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 733–751. DOI 10.1080/00343404.2014.959481.
11. Cooke P. Systems of innovation and the learning region. In: Fischer M. M., Nijkamp P. (eds.) *Handbook of Regional Science*. Berlin, Springer, 2021, pp. 835–853.
12. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: From national systems and "Mode 2" to a triple helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 2000, vol. 29, no. 2, pp. 109–123. DOI 10.1016/S0048-7333(99)00055-4.
13. Freeman C. *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London, Pinter Publishers, 1987. 155 p.
14. Fritsch M., Wyrwich M. *Regional trajectories of entrepreneurship, knowledge, and growth: The role of history and culture*. Cham, Springer, 2019. 144 p.
15. Isenberg D. J. How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard Business Review*, 2010, vol. 88, no. 6, pp. 40–50.
16. Lundvall B.-Å. (ed.) *National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning*. London, Anthem Press, 2010. 404 p.
17. Moritz A., Block J. H., Morina F. Entrepreneurship in post-conflict countries: A literature review. *Review of Managerial Science*, 2024, vol. 18, no. 10, pp. 3025–3083. DOI 10.1007/s11846-023-00705-1.
18. Porter M. E. Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 1998, vol. 76, no. 6, pp. 77–90.
19. Stam E., van de Ven A. Entrepreneurial ecosystem elements. *Small Business Economics*, 2021, vol. 56, no. 2, pp. 809–832. DOI 10.1007/s11187-019-00270-6.

Инновационные технологии и цифровой рубль в современной экономике

Черненко Владимир Анатольевич
доктор экономических наук, профессор, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,

Минаев Никита Витальевич
магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,

Поляцкий Вольдемар Владимирович
магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

В статье рассматриваются инновационные технологии как ключевой фактор развития современной экономики, определяющий трансформацию бизнес-моделей, рынков и системы государственного управления. Авторы анализируют влияние цифровизации на предпринимательскую деятельность, логистику, рынок труда и эффективность компаний, а также исследуют роль цифрового рубля как новой формы национальной валюты. Особое внимание уделяется его возможностям в повышении прозрачности финансовых потоков, снижении транзакционных издержек и совершенствовании механизмов государственного контроля. Показано, что внедрение цифровых технологий и цифровой валюты центрального банка формирует основу устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Ключевые слова: инновации, инновационные технологии, цифровая экономика, цифровизация, цифровой рубль, финтех, финансовые технологии, государственное регулирование, маркетплейсы, электронная коммерция, искусственный интеллект, автоматизация, рынок труда, логистика, смарт-контракты.

Введение

Инновации являются необходимым элементом развития экономической системы государства и мировой экономики в целом. Именно инновационные технологии позволяют изменять структуру рынков, трансформировать бизнес-процессы и в отдельных случаях приводить к кардинальным изменениям в экономической модели общества. В современных условиях цифровизации инновации выступают ключевым фактором повышения эффективности производства, конкурентоспособности предприятий и устойчивости национальной экономики. Анализируя динамичные изменения в России и в мире за последние 30 лет [2], можно с уверенностью утверждать, что инновационные технологии кардинально преобразовали ведение бизнеса на всех его этапах. Процесс внедрения новшеств происходил по разным причинам, в первую очередь из-за изменений в бизнес-моделях, которые приобрели широкую популярность и влияние, что в итоге привело к трансформации рынков. Таким образом, инновации уже не являются вспомогательным элементом, а выступают системообразующим фактором развития экономики.

Данная статья направлена на доказательство ключевой роли инновационных технологий в трансформации современной экономики на примере Российской Федерации. Особое внимание уделяется влиянию цифровизации на рынок электронной коммерции, логистику, управление персоналом и государственные системы контроля, а также анализу внедрения цифрового рубля как новой формы национальной валюты.

Гипотезы исследования:

– внедрение инновационных технологий и цифрового рубля способствует системной автоматизации экономической деятельности и снижению издержек;

– цифровые инновации трансформируют механизмы взаимодействия участников рынка, создавая новые возможности для экономического роста.

Влияние инновационных процессов на экономику и бизнес-процессы

Анализируя динамичные изменения в России и в мире за последние 30 лет [2], можно с уверенностью утверждать, что инновационные технологии кардинально преобразовали ведение бизнеса на всех его этапах. Процесс внедрения новшеств происходил по разным причинам, в первую очередь из-за изменений в бизнес-моделях, которые приобрели широкую популярность и влияние, что в итоге привело к трансформации рынков. Ярким примером служит компания Amazon, чья бизнес-модель основана на онлайн-продажах и информационных технологиях, что полностью изменило структуру розничной торговли, ускоряя процессы покупки и доставки товаров. В России такой подход успешно адаптировали маркетплейсы «OZON» и «Wildberries», внедряя международные инновационные решения с учётом специфики российского рынка. Значительный скачок популярности онлайн-торговли произошёл в период пандемии COVID-19, когда ограничения усилили спрос на дистанционные покупки, а традиционные офлайн-магазины с высокими затратами на аренду, персонал и логистику стали менее конкурентоспособными. Маркетплейсы предоставили удобные платформы с минимальными издержками, быстрой доставкой и широким ассортиментом, что сделало их ведущими игроками на рынке. Их модели учитывают региональные особенности потребителей, логистики и платежных систем, демонстрируя пример успешной локализации инноваций. В результате данные изменения способствовали развитию малого бизнеса, оптимизации логистических процессов и массовому переходу участников рынка в цифровую сферу. Кроме того, маркетплейсы активно создают рабочие места: количество активных продавцов на «OZON» и «Wildberries» с каждым годом растёт — с 450 тыс. до 1,28 млн в 2024 году, подчеркивая масштаб и эффективность данного тренда. Эти данные свидетельствуют о том, что цифровизация бизнеса не только улучшает экономическую эффективность, но и значительно влияет на социально-экономическое развитие страны.

Благодаря развитию интернета [3], внедрению передовых логистических технологий и инновационному маркетингу российская экономика претерпела значительные изменения. Снизилась инфляция и выросла конкуренция, так как покупатели получили возможность быстро сравнивать цены онлайн, что заставило магазины снижать наценки и оптимизировать издержки. Рынок труда трансформировался — вырос спрос на IT-специалистов, аналитиков, курьеров, а традиционные профессии постепенно меняются. Ускорился товарооборот благодаря прогнозированию спроса и автоматизации — доставка продуктов стала занимать 1–2 дня вместо недель. Логистические расходы сократились до 30% за счет роботизации складов и оптимизации маршрутов, что снижает конечную цену для потребителей. В структуре потребления увеличилась доля онлайн-продаж с 1–2% до 15–20%, изменив формат розницы. Данные стали ключевым активом — персонализация предложений и динамическое ценообразование повышают лояльность и средний чек. Крупные игроки рынка демонстрируют эти изменения: X5 Group внедрила роботизированный даркстор и достигла онлайн-продаж почти в 19% рынка [20], «Магнит» строит крупные распределительные центры для ускорения поставок,

«О'КЕЙ» расширил доставку и ускорил обновление цен [19], а «Лента» использует ИИ для контроля товарных запасов, что повысило эффективность выкладки и товарооборот. В итоге технологии перестроили российский ритейл, улучшив скорость денежных потоков, структуру занятости и инвестиции в автоматизацию.

Стоит отметить [4], что основные инновации приводящие изменения экономики заключается в усовершенствовании эффективности бизнеса и улучшения работоспособности всех последующих элементов благодаря инновационным технологиями. Как было сказано ранее, основным инструментам инновациям заключается информационные технологии. Так в бизнесе также стоит выделить изменения рынка из-за инновационных технологий благодоря создания оптимизирующим инструментам и методам контроля.

Основным примером [5], который известен множеству предприятиям, а именно является продукция компании 1С, которая на протяжении многих лет внедряющая инновационные решения в области автоматизации управления и учета. Продукты 1С помогают предприятиям улучшать внутренние процессы, снижать операционные затраты, повышать точность планирования и контроля ресурсов, а также быстро адаптироваться к изменениям на рынке. Благодаря использованию облачных технологий, аналитических инструментов и специализированных отраслевых конфигураций, компания способствует росту эффективности труда и ускорению обмена информацией между подразделениями, что в итоге создает устойчивую экосистему для расширения бизнеса и повышения его конкурентоспособности. Особенно выделяется «1С бухгалтерия». Автоматизированное решение обеспечивает ведение учета и налоговой отчетности строго в соответствии с законодательством РФ, что снижает риск ошибок и штрафов. Оно позволяет быстро закрывать отчетные периоды, формировать обязательную регламентированную отчетность и получать актуальные финансовые данные для принятия управленческих решений в режиме реального времени. Благодаря глубокой интеграции с банками, контролирующими органами и другими продуктами 1С (например, «1С: Зарплата и управление персоналом» и «1С: Управление торговлей»), бухгалтерия превращается из затратного подразделения в стратегический центр анализа и контроля, обеспечивая прозрачность денежных потоков и финансовую безопасность бизнеса на всех этапах его развития.

Внедрение инновационных технологий в контроль эффективности сотрудников трансформирует управление персоналом [6], переходя от простого учёта рабочего времени к глубокому анализу продуктивности, поведения и эмоционального состояния. Современные ИИ-системы (как в Amazon) и DLP-модули (например, «Стахановец: ПРО») позволяют не только оптимизировать выполнение задач и предотвращать утечки данных, но и оценивать вовлечённость сотрудников через анализ текстов и голоса, а BI-платформы в связке с HR-аналитикой дают объективную картину текучести и выполнения планов. В экономическом аспекте это ведёт к росту производительности труда, снижению издержек и потерь от мошенничества или неэффективности, улучшению управления персоналом за счёт снижения текучести и повышения мотивации, а также стимулирует инновации и гибкость бизнеса. Компания «ВкусВилл» использует искусственный интеллект для повышения эффективности бизнеса в нескольких направлениях [17]. В B2B-сегменте ИИ расшифровывает записи звонков из CRM, очищает данные и выявляет скрытые проблемы, эмоции и клиентские потребности, что помогло обнаружить технические сбои и удержать партнёров. В мобильном приложении применяются алгоритмы машинного обучения для анализа сотен миллионов событий, сегментации аудитории и персонализированных рекомендаций товаров, эффективность которых проверяется через A/B-тесты. Для прогнозирования спроса нейросети учитывают сезонность, погоду и локальные события, что сокращает дефицит и издержки, а антифрод-системы выявляют мошеннические транзакции и злоупотребления бонусами. Благодаря ИИ «ВкусВилл» улучшает клиентский опыт, оптимизирует запасы и повышает безопасность.

При этом автоматизация меняет структуру рынка труда [7], сокращая рутинные операции и увеличивая спрос на квалифицированные кадры, что требует вложений в образование и переквалификацию, однако в целом способствует устойчивому экономическому росту и конкурентоспособности компаний. Внедрение платформы X-Ray в «СБЕР» кардинально изменило подход к управлению знаниями и процессами на российском рынке, установив новый отраслевой стандарт. Вместо хаотичного поиска по устаревшим документам, который раньше занимал до десяти дней, сотрудники теперь следуют по интерактивным BPMN-картам, где в реальном времени видят необходимые действия, места нажатий и контакты помощников. Это позволило сократить время поиска информации до десяти минут, а нагрузку на службу поддержки снизилась в два–четыре раза, так как система перевела сотрудников на эффективное самообслуживание. СБЕР создал собственную веб-платформу с BPMN-редактором, не уступающую западным аналогам, что дало мощный импульс импортозамещению в этой сфере. Управление знаниями перестало быть статичным архивом инструкций и превратилось в динамичный инструмент трансформации бизнеса: внедрение новых инициатив ускорилось на 30–40%, а благодаря визуальному и отчасти игровому формату внутренняя удовлетворённость сотрудников превысила 92%. Таким образом, X-Ray показал всей стране, что даже в крупнейшей корпорации можно наладить бесшовное взаимодействие, связав визуальные треки с задачами в Jira, и превратил управление знаниями из бюрократической необходимости в стратегический актив [18]. Как было сказано ранее, основным инструментам инновациям заключается информационные технологии.

Также стоит выделить изменения рынка из-за инновационных технологий благодоря создания оптимизирующим инструментам и методам контроля. Стоит отметить [8], что в большинстве случаев инициатором/заказчиком является правительство.

В России внедрён комплекс цифровых систем для контроля качества и оборота товаров [9], работа которых закреплена федеральными законами и представляет собой значительные инновации в экономике.

Система «Меркурий» предназначена для контроля товаров животного происхождения от фермы до прилавка [10], фиксируя лабораторные исследования, переработку и все перемещения продукции, при этом все участники оборота обязаны работать с электронной ветеринарной сертификацией через данную федеральную государственную информационную систему. Единая государственная автоматизированная информационная система «ЕГАИС», действующая на контролирует оборот этилового спирта и алкогольной продукции; с 2006 года она охватывала только производителей и импортёров, а после вступления в силу в течение 2015–2018 годов к ней подключили все организации и индивидуальных предпринимателей, включая розничную продажу, так что теперь каждый розничный магазин в автоматическом режиме передаёт данные о продаже каждой единицы маркированного алкоголя.

Национальная система цифровой маркировки и прослеживаемости товаров «Честный знак» [11], созданная Центром развития перспективных технологий, гарантирует потребителям подлинность и заявленное качество продукции; производитель наносит на товар уникальный цифровой код Data Matrix, который служит паспортом, невозможным для потери или подделки, а уполномоченный оператор присваивает этот код, после чего весь путь товара фиксируется на каждом этапе — от завода до потребителя, включая сканирование при доставке на предприятие, при размещении на полке и при продаже на онлайн-кассе, что исключает возможность вброса подделки и повторный вывод на рынок товаров с истекшим сроком годности.

Проект «Честный знак» охватывает молочную продукцию [12], упакованную воду, одежду из меха и кожи, обувь, парфюмерию, табачные изделия, лекарства, фотоаппараты, автопокрышки и шины, а в рамках эксперимента к ним добавили пиво и пивные напитки, биологически активные добавки, антисептики, велосипеды и кресла-коляски. Основная задача системы — повысить безопасность россиян, снизить количество контрафакта и некачественных аналогов, защитить легальный бизнес и повысить собираемость налогов, а благодаря криптографическим технологиям код Data Matrix крайне сложно подделать, а информация о контрафакте навсегда хранится в системе.

Данные системы являются инновациями в экономике, поскольку внедряют сквозную цифровую прослеживаемость каждой единицы продукции от сырья до кассы в реальном времени, автоматически обеляют рынок, блокируя продажу контрафакта через онлайн-кассы, повышают налоговые поступления за счёт фиксации каждого движения товара, снижают издержки бизнеса путём автоматизации сертификации и сокращения бумажного документооборота, защищают здоровье потребителей, позволяя через приложение мгновенно проверить подлинность товара, и стимулируют развитие ИТ-сектора, производства сканеров, меток и программного обеспечения. Таким образом, традиционное государственное регулирование превращается в цифровую платформенную экономику, где государство, бизнес и потребители получают единый прозрачный и доверенный учёт товаров — это ключевая институциональная инновация последних лет.

Среди последних инновационных технологий, выдвинутых по инициативе Банка России, особое место занимает цифровой рубль — проект, способный фундаментально изменить экономическую модель Российской Федерации. Согласно ключевым документам регулятора, цифровой рубль представляет собой цифровую форму национальной валюты [15], которую ЦБ эмитирует в дополнение к уже существующим двум формам — наличным деньгам (банкноты и монеты) и безналичным средствам (записи на счетах в коммерческих банках). Внедрение этой третьей формы денег нацелено на комплексное укрепление финансовой системы и ускорение экономического развития [16]. Прежде всего, цифровой рубль обеспечивает финансовый суверенитет страны: он снижает критическую зависимость от зарубежных платежных инфраструктур (таких как SWIFT или карточные системы Visa/Mastercard) и минимизирует риски, связанные с блокирующими санкциями. Кроме того, новая валюта повышает доступность финансовых услуг и стимулирует конкуренцию за счет сокращения транзакционных издержек — как для бизнеса (особенно малого и среднего), так и для граждан. Появляется реальная альтернатива традиционным карточным платежам и электронным кошелькам, что может привести к снижению комиссий на рынке.

Важнейшим свойством цифрового рубля, которое выгодно отличает его от обычных безналичных денег, является программируемость — техническая возможность задавать для каждой денежной единицы конкретные условия, сроки и ограничения использования. Благодаря полной отслеживаемости операций (в рамках действующего законодательства и с соблюдением тайны переводов) этот инструмент резко повышает прозрачность финансовых потоков и эффективность в борьбе с отмыванием доходов, финансированием терроризма и мошенничеством. Однако ключевое значение цифрового рубля раскрывается, если рассматривать его не просто как новую форму денег, а как мощный инструмент денежно-кредитного регулирования в руках Банка России и государства в целом. В первую очередь это касается контроля и управления бюджетными средствами.

Программируемость позволяет администрировать бюджетные потоки с предельной точностью: например, выделенные на социальные выплаты, субсидии предприятиям или инфраструктурные проекты деньги автоматически могут быть использованы исключительно по целевому назначению. Система попросту не позволит перевести их на иные цели или счета, что радикально сокращает нецелевое расходование, коррупционные схемы и повышает подотчётность каждого бюджетного рубля. В итоге цифровой рубль превращается в действенный механизм не только платежа, но и государственно-финансового контроля, а также гибкой социальной политики, способной сокращать финансовую и социальную дифференциацию в обществе.

Для частного бизнеса цифровой рубль открывает не менее широкие перспективы, и здесь на первый план выходит обеспечение безопасности коммерческих переводов на основе смарт-контрактов. Смарт-контракты (их еще называют самоисполняемыми сделками) представляют собой программный алгоритм, изначально встроенный в платформу цифрового рубля. Данный алгоритм автоматически инициирует и безусловно выполняет перевод денег между сторонами строго после того, как соблюдены заранее прописанные условия сделки. Например, поставщик получает оплату только после подтверждения доставки товара через независимый логистический сервис, или исполнитель по договору — после загрузки акта выполненных работ в верифицированную систему. Благодаря такому подходу исчезает необходимость в традиционных посредниках (банковских гарантиях, аккредитивах, нотариусах или escrow-агентах), резко снижаются риски неисполнения обязательств контрагентом, а сам процесс перевода становится полностью прозрачным и защищённым от несанкционированных изменений. Для предпринимателей это означает сокращение издержек, ускорение расчётов и юридическую определённость.

Заключение

Исследование подтверждает, что инновационные технологии, такие как цифровизация бизнес-процессов, электронная коммерция, автоматизация и искусственный интеллект, являются ключевыми факторами трансформации экономики России. Внедрение этих технологий, наряду с цифровым рублем, способствует глубокой системной автоматизации, значительному снижению издержек и открытию новых возможностей для экономического роста. Цифровизация оптимизирует работу платформ и систем управления, повышая прозрачность финансовых операций. Современные цифровые платформы и маркетплейсы трансформируют рыночные взаимодействия, расширяя доступ к рынкам и усиливая конкуренцию. Цифровой рубль выступает как многофункциональный инструмент, позволяющий повысить эффективность бюджетной политики и бороться с теневой экономикой. Уникальные характеристики цифрового рубля, такие как программируемость, открывают новые перспективы для государственного регулирования. Внедрение данных технологий комплексно влияет на экономическое развитие, становясь катализатором цифровой трансформации. Таким образом, инновации формируют устойчивые основы для долгосрочного экономического роста России.

Литература

1. Масинев Д.В. Влияние цифрового рубля на взаимодействие бизнеса и государства / Д.В. Масинев // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 10. – С. 6683–6700. – DOI 10.18334/epp.15.10.123856. – EDN PKUYIQ.
2. Козьмин Д.С. Особенности и проблемы внедрения цифрового рубля / Д.С. Козьмин // Финансовые исследования. – 2023. – № 4. – EDN (см. eLIBRARY).
3. Егорушкина М.С. Цифровой рубль как элемент финансовой системы / М.С. Егорушкина // Экономические науки. – 2023. – № 12. – EDN (см. eLIBRARY).
4. Кудрявцева У.В. Цифровой рубль и его влияние на экономику России / У.В. Кудрявцева // Финансы и кредит. – 2024. – № 6. – EDN (см. eLIBRARY).
5. Бережных О.М. Цифровой рубль в экономике России // Финансы и кредит. – 2025. – № 1.
6. Асяева Э.А., Мягкова Ю.Ю. Цифровая валюта в экосистемах центральных банков // Финансовый бизнес. – 2024. – № 5. – С. 160–163. – EDN SLTPLJ.
7. Сагалаева Е.С. О введении цифрового рубля: позитивные стороны и риски // Экономика и предпринимательство. – 2024.
8. Доклад о цифровой экономике 2024 / UNCTAD. – Женева, 2024. – URL: https://unctad.org (дата обращения: 18.04.2026).
9. Банк России. Основные направления финтехнологий // Деньги и кредит. – 2024. – № 8. – EDN: XXXXX.
10. Банк России. Основные направления развития финансовых технологий на 2024–2026 годы. – М., 2024.
11. Как Ozon стал институтом развития предпринимательства // Forbes. – 2024. – URL: https://www.forbes.ru/club/537873-kak-ozon-stal-institutom-razvitia-predprinimatel-stva (дата обращения: 18.04.2026).
12. Сухарев О.С. Технологические изменения и экономический рост / О.С. Сухарев // Экономист. – 2024. – № 3. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 18.04.2026).
13. Попов В.В. Теневая экономика в условиях цифровизации / В.В. Попов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 6. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 18.04.2026).
14. Ларионова Н.И. Финансовые технологии и банковская система / Н.И. Ларионова // Банковское дело. – 2023. – № 9. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 18.04.2026).
15. Банк России. Цифровой рубль. – URL: https://cbr.ru/fintech/dr/ (дата обращения: 18.04.2026).
16. Цифровой рубль // РИА Новости. – URL: https://ria.ru/finansy/tsifrovoy-rubl/ (дата обращения: 18.04.2026).
17. Как «ВкусВилл» использует искусственный интеллект в бизнесе // Forbes. – URL: https://www.forbes.ru (дата обращения: 18.04.2026).
18. Сбер внедряет платформу X-Ray для управления знаниями // РБК. – URL: https://www.rbc.ru (дата обращения: 18.04.2026).
19. О'КЕЙ усиливает онлайн-доставку и цифровизацию бизнеса // Коммерсантъ. – URL: https://www.kommersant.ru (дата обращения: 18.04.2026).
20. X5 Group (Пятёрочка): цифровая трансформация ритейла // РБК. – URL: https://www.rbc.ru (дата обращения: 18.04.2026).

Innovative Technologies and the Digital Ruble in the Modern Economy

Chernenko V.A., Minaev N.V., Polyatsky V.V.
Baltic State Technical University "VOENMEKH" named after D. F. Ustinov

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

The article considers innovative technologies as a key factor in the development of the modern economy, determining the transformation of business models, markets and public administration systems. The authors analyze the impact of digitalization on entrepreneurship, logistics, the labor market and the efficiency of companies, as well as explore the role of the digital ruble as a new form of national currency. Special attention is paid to its capabilities in increasing the transparency of financial flows, reducing transaction costs and improving government control mechanisms. It is shown that the introduction of digital technologies and the central bank's digital currency forms the basis for sustainable economic growth and increasing the competitiveness of the national economy.

Keywords: innovation, innovative technologies, digital economy, digitalization, digital ruble, fintech, financial technologies, government regulation, marketplaces, e-commerce, artificial intelligence, automation, labor market, logistics, smart contracts.

References

1. Masinev D.V. The influence of the digital ruble on the interaction of business and the state / D.V. Masinev // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2025. – Vol. 15, No. 10. – pp. 6683-6700. – DOI 10.18334/epp.15.10.123856. – EDN PKUYIQ.
2. Kozmin D.S. Features and problems of the digital ruble implementation / D.S. Kozmin // Financial Research. – 2023. – No. 4. – EDN (see eLibrary).
3. Egorushkina M.S. The digital ruble as an element of the financial system / M.S. Egorushkina // Economic sciences. – 2023. – No. 12. – EDN (see eLibrary).
4. Kudryavtseva U.V. The digital ruble and its impact on the Russian economy / U.V. Kudryavtseva // Finance and Credit. – 2024. – No. 6. – EDN (see eLibrary).
5. Berezhnykh O.M. The digital ruble in the Russian economy // Finance and Credit. – 2025. – No. 1.
6. Assiaeva E.A., Myagkova Yu.Y. Digital currency in the ecosystems of central banks // Financial business. – 2024. – No. 5. – pp. 160-163. – EDN SLTPLJ.
7. Sagalaeva E.S. On the introduction of the digital ruble: positive aspects and risks // Economics and Entrepreneurship. – 2024.
8. Report on the Digital Economy 2024 / UNCTAD. – Geneva, 2024. – URL: https://unctad.org (date of application: 04/18/2026).
9. Bank of Russia. The main directions of fintech // Money and credit. – 2024. – No. 8. – EDN: XXXXX.
10. The Bank of Russia. The main directions of financial technology development for 2024-2026. Moscow,
2024.11. How Ozon became an institute for entrepreneurship development // Forbes. – 2024. – URL: https://www.forbes.ru/club/537873-kak-ozon-stal-institutom-razvitia-predprinimatel-stva (date of request: 04/18/2026).
12. Sukharev O.S. Technological changes and economic growth / O.S. Sukharev // The Economist. – 2024. – No. 3. – URL: https://elibrary.ru (date of access: 04/18/2026).
13. Popov V.V. Shadow economy in the context of digitalization / V.V. Popov // Economics and Entrepreneurship. – 2024. – No. 6. – URL: https://elibrary.ru (date of reference: 04/18/2026).
14. Larionova N.I. Financial technologies and the banking system / N.I. Larionova // Banking. – 2023. – No. 9. – URL: https://elibrary.ru (date of request: 04/18/2026).
15. The Bank of Russia. The digital ruble. – URL: https://cbr.ru/fintech/dr / (date of issue: 04/18/2026).
16. Digital ruble // RIA Novosti. – URL: https://ria.ru/finansy/tsifrovoy-rubl / (accessed: 04/18/2026).
17. How "Vkusville" uses artificial intelligence in business // Forbes. – URL: https://www.forbes.ru (date of access: 04/18/2026).

Конфликт операционной эффективности и инновационного потенциала: микроэкономический анализ на примере проектного управления

Салахов Раниль Ленарович
аспирант, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 5211635@gmail.com

Предмет. Институциональный конфликт между системами операционного планирования и контроля, ориентированными на соблюдение сроков и бюджета, и реализацией инновационного потенциала проектно-ориентированных предприятий.
Цели. Концептуализировать механизм систематического подавления инновационной активности в среде проектного управления и предложить подходы к его преодолению.
Методология. Исследование опирается на теорию агентских отношений, концепцию институциональных ловушек и теорию операционного управления проектами. Применён метод концептуального моделирования с анализом типовых конфликтных ситуаций.
Результаты. Разработана модель институциональной ловушки операционной эффективности, объясняющая, как календарно-сетевые графики, бюджетный контроль и KPI блокируют инновации. Выделены четыре свойства KPI, усиливающие ловушку: асимметрия измеримости, однонаправленность риска, краткосрочность горизонта, невидимость упущенных возможностей. Предложены меры по повышению инновационной толерантности: инновационные буферы, разделение ответственности, пересмотр KPI, пилотные проекты и реестр отклонённых инициатив.
Выводы. Низкая инновационная активность часто вызвана не отсутствием идей, а внутренними ограничениями управленческих инструментов. Выход требует перепроектирования базовых принципов планирования и оценки. Модель предлагает диагностическую рамку для выявления скрытых барьеров инновационного развития.
Ключевые слова: инновационный потенциал, операционное планирование, KPI, институциональная ловушка, проектное управление.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная экономическая среда, отличающаяся высокой волатильностью и ускорением технологических сдвигов, выдвигает инновационную активность в число ключевых факторов конкурентоспособности промышленных предприятий. На это указывают Сергеев А.А., рассматривающий инновации как составляющую устойчивого роста компаний в условиях санкций, и Шубин А.Н., акцентирующий важность стратегического управления ресурсными потоками и передачи информации между фазами жизненного цикла проекта [1,2]. В условиях курса на технологический суверенитет способность генерировать и внедрять новшества становится условием выживания, что показано в работе Вертия Б.Д. [3]. Вместе с тем, несмотря на декларируемый приоритет инновационного развития, российские предприятия сталкиваются с устойчивым разрывом между стратегическими установками и реальными результатами. Макарова Т.Н., Власова М.В. и Пашкевич Л.А. объясняют этот разрыв сложностью интеграции усилий специалистов в процессе инновационного проектирования [4]. Как отмечает Васяйчева В.А., проблема часто коренится не в нехватке ресурсов, а в шаблонности мышления топ-менеджеров и несовершенстве методологического инструментария [5].

Значительный пласт литературы посвящён методам управления инновационными проектами. Орлова О.П. предлагает алгоритм управления проектами наукоёмких организаций, Гапоненко Ю.В., Тележников А.В. и Буров А.Н. разрабатывают методику расчёта эффективности с коэффициентом ответственности активов, Гудков А.А. обосновывает выбор метрик для оценки затрат на ИТ-проекты [6,7,8]. Докукина А.А. аргументирует значимость гибких методологий Agile [9]. Однако даже продвинутые проектные инструменты не снимают фундаментального противоречия, возникающего при встраивании инноваций в систему текущих операционных приоритетов. Герасимов Б.Н. подчёркивает, что поиск проблем и формирование инновационных предложений требуют пересмотра нормативного состояния процессного управления [10].

Корень проблемы лежит на стыке стратегического и оперативного контуров управления. Хайруллин М.Ф. и Чернечков М.В. утверждают, что полноценное управление инновациями возможно только на принципах стратегического менеджмента, поскольку тактические нововведения дают лишь краткосрочный эффект [11]. Коновалова Г.И. предлагает модель единого ядра оперативного и стратегического управления на основе динамических планов-графиков [12]. Полякова А.С. и соавторы на примере ракетно-космической промышленности показывают необходимость комплексного применения ситуационного, системного и процессного подходов [13]. Корчагин Э.Р. связывает эффективность экономической системы с качеством выбора модели управления инновационными проектами, а Каримов Б.Н. добавляет, что этот выбор зависит от масштаба инновационных процессов, уровня цифровой зрелости и охвата инновационного цикла [14,15].

Наиболее отчётливо конфликт между операционной жёсткостью и инновационной гибкостью проявляется в строительной отрасли. Васильева Е.Ю. и соавторы предлагают алгоритм поэтапного внедрения инноваций в деятельность строительных организаций [16]. Зарубежные исследования подтверждают значимость управленческих и психологических факторов: Чжэн Ц. и соавторы показали, что инновационное поведение участников усиливается при конгруэнтности стилей лидерства и организационной культуры, а Mohamed Nasaj, Sulafa Badi, Niamh Murtagh и Li Ding выявили, что коллективная тревожность по поводу внедрения искусственного интеллекта может стимулировать инновационное поведение при использовании эмоционально- и отношенчески-ориентированных копинг-стратегий [17,18].

Несмотря на обилие работ, в существующей литературе недостаточно внимания уделяется институциональному механизму, который систематически подавляет инновационную активность на уровне операционного управления. Мы определяем этот механизм как институциональную ловушку операционной эффективности. Её суть в том, что традиционные системы календарно-сетевого планирования, бюджетного контроля и KPI, построенные на принципах недопущения отклонений, создают такую систему стимулов, при которой менеджеры проектов объективно заинтересованы в блокировании любых изменений, несущих риск нарушения графика или бюджета, даже если эти изменения способны повысить инновационный потенциал предприятия.

Таким образом, гипотеза настоящего исследования состоит в том, что стандартные системы операционного планирования и контроля, основанные на жёстких KPI по срокам и бюджету, формируют институциональную ловушку операционной эффективности, блокирующую реализацию инновационного потенциала предприятия. Цель работы - концептуализировать этот конфликт и разработать модель, объясняющую механизм его самовоспроизводства. Научная новизна заключается в переносе акцента с общих вопросов инновационного менеджмента на анализ встроенных ограничений самих инструментов операционного управления. Для достижения цели решаются три

задачи: проанализировать теоретические основания конфликта между операционной эффективностью и инновационной активностью; разработать концептуальную модель ловушки применительно к проектно-ориентированным предприятиям; предложить подходы к модификации KPI и плановых инструментов, повышающие их инновационную толерантность.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Концептуальная модель институциональной ловушки операционной эффективности

Центральным результатом исследования является концептуальная модель, объясняющая механизм систематического подавления инновационной активности в проектно-ориентированных предприятиях. Мы определили этот механизм как институциональную ловушку операционной эффективности. Её суть в том, что управленческие инструменты, созданные для обеспечения стабильности (календарно-сетевые графики, бюджетный контроль, KPI), при определённых условиях превращаются в барьер для любых изменений, включая инновационные.

В основе ловушки лежит асимметрия стимулов, с которой сталкивается менеджер проекта. Операционная деятельность оценивается по чётким, измеримым показателям: соблюдение сроков, освоение бюджета, процент выполнения плана. Отклонение от них влечёт немедленные санкции - от выговоров до пересмотра премий. Выгоды же от инноваций отсрочены, плохо измеримы в краткосрочном периоде и связаны с высокой неопределённостью. В результате рациональный менеджер, действующий в рамках заданной системы стимулов, неизбежно отказывается от инновационных инициатив, если они несут риск нарушения текущих планов.

Ключевое понятие модели - инновационная толерантность плановой системы. Она отражает способность системы планирования и контроля допускать, а не подавлять изменения, выходящие за рамки первоначальных планов. Чем ниже толерантность, тем сильнее отторжение новшеств. Низкая толерантность характерна для систем, где доминирует принцип минимизации отклонений: любое отклонение от плана трактуется как управленческая ошибка, а не как возможность для улучшения.

Механизм замыкания ловушки описывается через пять шагов. Сначала менеджер сталкивается с инновационным предложением - новой технологией, материалом или методом организации работ. Ожидаемый эффект положителен, но внедрение требует времени, возможного отставания от графика и дополнительного финансирования. Далее менеджер оценивает предложение через призму действующих стимулов. Поскольку KPI настроены на стабильность, ожидаемые издержки от отклонений превышают ожидаемые выгоды. Затем менеджер рационально отказывается от предложения или откладывает его «до лучших времён». После этого отказ остаётся невидимым для стратегического контура: отчёты фиксируют выполнение плана, а упущенная возможность не отражается ни в одном показателе. Наконец, организация закрепляет модель поведения, при которой инновационные инициативы систематически отсекаются на операционном уровне.

Так формируется петля операционной эффективности: чем стабильнее система, тем меньше в ней пространства для инноваций; чем меньше инноваций, тем стабильнее показатели; чем стабильнее показатели, тем сильнее уверенность менеджмента в правильности выбранной модели управления. Разорвать эту петлю изнутри крайне сложно, поскольку каждый её элемент по отдельности выглядит рациональным.

Графически модель представлена на рисунке 1. В верхней части - стратегический контур, где формируются инновационные приоритеты. В нижней - операционный контур с планами, графиками и KPI. Между ними - условный «фильтр», через который проходят инновационные инициативы. Поток деклараций о поддержке инноваций направлен сверху вниз, однако обратный поток отфильтрованных инициатив формально не фиксируется. Пунктиром обозначена «зона невидимости» - предложения, отвергнутые на операционном уровне и не дошедшие до стратегического контура. Именно она объясняет, почему руководство может искренне считать компанию инновационной, в то время как реальный потенциал систематически блокируется.

Модель даёт целостное объяснение механизму, который в практике проектного управления проявляется повсеместно, но редко получает теоретическое описание. Её сила - в переносе внимания с общих вопросов инновационной политики на конкретные инструменты операционного управления, где принимаются реальные решения о судьбе инноваций. Модель показывает, что барьером выступает не отсутствие идей или ресурсов, а сам способ организации плановой работы, изначально ориентированный на подавление отклонений. Из этого следует практический вывод: любые меры по стимулированию инноваций окажутся бесполезными, если не затрагивают базовых принципов построения систем планирования, бюджетирования и KPI. Далее рассмотрим, как этот механизм реализуется в типовых ситуациях проектного управления.

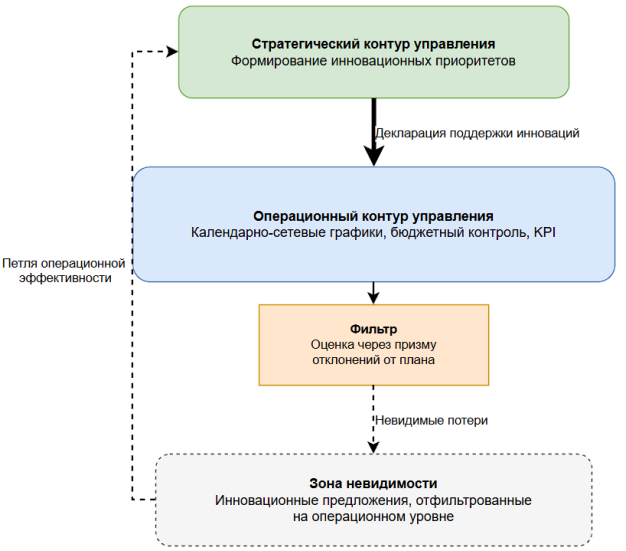


Рисунок 1. Концептуальная модель институциональной ловушки операционной эффективности. (составлено автором)

2.2 Типовые конфликтные ситуации в проектном управлении

Модель, описанная выше, воспроизводится в повседневной практике управления проектами в виде типовых ситуаций, знакомых любому специалисту по календарно-сетевому планированию и бюджетному контролю. Рассмотрим три наиболее показательных случая.

Ситуация первая: «График против инноваций».

На проекте утверждён жёсткий календарный график, за срыв сроков предусмотрены санкции. Подрядчик предлагает новый материал, ускоряющий монтаж на 15%, но требующий изменений в графике, перенастройки логистики и дополнительных согласований. Менеджер оценивает предложение не с точки зрения будущей экономии времени, а через призму ближайших двух недель: нужно остановить работы, пересмотреть график, согласовать изменения с заказчиком. Всё это - отклонения от плана, за которые отвечать придётся ему. Рациональное решение - отказаться от предложения. Инновация отсекается на уровне фильтра и уходит в зону невидимости.

Ситуация вторая: «Бюджет против инноваций».

Появляется возможность внедрить технологическое решение, повышающее качество объекта, но требующее дополнительных затрат в текущем периоде. Бюджет зафиксирован, и любое превышение рассматривается как недоработка менеджера. Внедрение означает обоснование допфинансирования, пересмотр сметы, согласование с финансовой службой. Риск получить отказ или выговор перевешивает гипотетическую выгоду. Менеджер отказывается от новшества. Бюджет остаётся в норме, проект считается успешным, а упущенная возможность - невидимой.

Ситуация третья: «Отчётность против инноваций».

Инициатива может быть отвергнута, даже если не требует немедленных затрат и не срывает сроки. Пример: цифровое решение для автоматизации учёта работ. Оно не влияет на сроки и бюджет напрямую, но требует времени на настройку, обучение персонала и изменение форм отчётности. В краткосрочной перспективе это создаёт дополнительную нагрузку без видимого результата. Поскольку KPI менеджера привязаны к текущим показателям, он не заинтересован вкладываться в то, что не даёт немедленного эффекта. Инновация откладывается «на потом» и затем забывается.

Во всех трёх ситуациях проявляется общий механизм: инновационная инициатива оценивается не по стратегической ценности, а по совместимости с текущей системой ограничений. Если совместимость низкая - инициатива отсекается. Причём не потому, что она плохая, а потому, что менеджер действует рационально в рамках заданных правил. В этом и состоит опасность ловушки: каждый отдельный отказ выглядит оправданным, но их суммарный эффект разрушает инновационный потенциал предприятия.

Для наглядности представим сравнительную характеристику трёх ситуаций в таблице 1.

Таблица 1
Типовые конфликты между операционными ограничениями и инновационными инициативами

Параметр	График против инноваций	Бюджет против инноваций	Отчетность против инноваций
Источник блокировки	Утвержденный календарный график	Фиксированный бюджет проекта	Система KPI и формы отчетности
В чем состоит угроза для менеджера	Срыв сроков, остановка работ	Перерасход сметы	Рост нагрузки без немедленного эффекта
Ожидаемый эффект инновации	Ускорение работ на 15%	Повышение качества объекта	Автоматизация учета
Что перевешивает	Санкции за отклонение от графика	Риск отказа в допфинансировании	Отсутствие краткосрочного эффекта в KPI
Решение менеджера	Отказ от новшества	Отказ от новшества	Откладывание на неопределенный срок
Следствие для потенциала	Упущенная технология	Потерянное качество	Накопленная инертность

Источник: составлено автором

2.3 Почему традиционные KPI усиливают ловушку

Ранее мы рассмотрели три типовые ситуации, в которых инновационные инициативы блокируются на операционном уровне. Теперь необходимо понять, какие свойства традиционных ключевых показателей эффективности превращают их в механизм, усиливающий институциональную ловушку. Без этого понимания любые попытки «добавить инновационности» в действующую систему управления обречены на поверхностный эффект.

Первое свойство - асимметрия измеримости. Традиционные показатели (соблюдение сроков, освоение бюджета, процент выполнения плана) обладают высокой точностью измерения: отклонение фиксируется однозначно и немедленно. Инновационная деятельность, напротив, плохо поддаётся количественной оценке в краткосрочном горизонте. Как измерить пользу от технологии, эффект от которой проявится через два года? Как оценить упущенную выгоду от непринятого предложения? В результате менеджер работает в среде, где наказание за отклонение определено чётко, а вознаграждение за инновацию - туманно. Рациональный выбор очевиден.

Второе свойство - однонаправленность риска. При внедрении инновации риск полностью ложится на менеджера. Если новшество сработает - выгоды распределятся по всей организации, а заслугу могут не заметить. Если провалится - отвечать придётся лично. Типичный случай: премия привязана к проценту выполнения плана, а не к числу внедрённых улучшений. Потенциальная награда за инновацию несоразмерна потенциальному наказанию, что порождает устойчивую мотивацию к избеганию изменений.

Третье свойство - краткосрочность горизонта оценки. Большинство операционных KPI имеют цикл оценки от месяца до квартала. Инновационный проект, требующий года и более, в такую систему не помещается. Менеджер, вкладывающий ресурсы в долгосрочное улучшение, в текущих отчётах выглядит хуже коллег, сосредоточенных на текущих задачах. С учётом того, что срок пребывания менеджера в должности часто не превышает трёх-пяти лет, у него нет личного горизонта, на котором проявится отдача от долгосрочных вложений.

Четвёртое свойство - невидимость упущенных возможностей. Система отчётности фиксирует только свершившееся: выполненные работы, освоенные средства, достигнутые показатели. Отвергнутые инновационные предложения, отложенные инициативы, несделанные улучшения в отчётах не отражаются. Руководитель видит идеальную картину: план выполнен, бюджет освоен, график соблюдён. Это создаёт ложное ощущение благополучия и лишает стратегический контур сигналов о том, что операционная система блокирует развитие.

Совокупность этих четырёх свойств объясняет, почему традиционные KPI не просто «не помогают» инновациям, а активно работают против них. Они формируют структуру стимулов, при которой инновационная активность становится нерациональным поведением для менеджера. И чем жёстче настроена система контроля, тем сильнее этот эффект.

Отсюда следует методологический вывод: модификация KPI не может ограничиваться добавлением нового показателя «инновационность» в общий список. Необходимо перестраивать саму логику оценки - вводить асимметрию в пользу долгосрочных решений, учитывать упущенные возможности, фиксировать инновационные инициативы как отдельный объект отчётности.

2.4 Пути выхода: модификация плановых инструментов

Если институциональная ловушка порождается самими инструментами планирования и контроля, то и выход из неё должен начинаться с их перепроектирования. Речь не идёт об отказе от планирования - задача в том, чтобы встроить в систему управления механизмы, повышающие её инновационную толерантность, то есть способность допускать изменения, не разрушая базовых требований к срокам и бюджету.

Первый шаг - введение инновационных буферов в календарно-сетевые графики и бюджеты проектов. При формировании плана закладываются специальные резервы времени и средств, предназначенные не для покрытия рисков, а именно для тестирования и внедрения новых решений. Наличие такого буфера меняет логику оценки менеджера: инновация перестаёт быть отклонением от плана, поскольку у неё есть собственное ресурсное пространство. Размер буферов должен быть обоснован и находиться под контролем стратегического контура, иначе они будут «съедены» текущими задачами.

Второй шаг - разделение ответственности за операционную стабильность и инновационное развитие. Пока один и тот же менеджер отвечает и за выполнение плана, и за внедрение улучшений, конфликт интересов неразрешим. Выход в создании отдельной роли или подразделения, отвечающего за инновационные инициативы и имеющего собственный набор KPI, не пересекающийся с операционными. Это может быть менеджер по развитию, инженер по инновациям или рабочая группа. Важно, чтобы у этих специалистов не было прямых обязательств по срокам и бюджету.

Третий шаг - пересмотр системы KPI с включением инновационных метрик. Сюда относятся: введение показателя «число рассмотренных инновационных предложений», стимулирующего анализировать идеи; показатель «доля внедрённых улучшений от общего числа предложенных», побуждающий не только собирать, но и реализовывать; включение в оценку менеджера индикатора «упущенные инновационные возможности», который делает невидимое видимым. Все метрики должны адаптироваться к отраслевой специфике.

Четвёртый шаг - легализация пилотных проектов. Не обязательно сразу внедрять инновацию в полном масштабе. Достаточно предусмотреть в графике короткие пилотные фазы, в ходе которых новшество тестируется на ограниченном участке. Если пилот успешен - принимается решение о масштабировании; если нет - затраты минимальны. Такой подход снижает порог входа для инноваций и уменьшает личный риск менеджера.

Пятый шаг - создание канала обратной связи со стратегическим контуром. Инновационные предложения, отвергнутые на операционном уровне, должны не исчезать в «зоне невидимости», а попадать в специальный реестр, доступный руководству. Это позволит видеть, какие инициативы отклонены и по каким причинам, и вмешиваться при системных сбоях. Технически это может быть реализовано в виде регулярного отчёта «об отклонённых инициативах» или цифрового журнала предложений.

Ниже в таблице 2 сведены предлагаемые меры с указанием их основной функции и уровня внедрения.

Таблица 2
Меры по повышению инновационной толерантности системы операционного управления

Мера	Основная функция	Уровень внедрения
Инновационные буферы в графиках и бюджетах	Создание ресурсного пространства для инноваций	Проектный офис
Разделение ответственности за стабильность и развитие	Снятие конфликта интересов у менеджера	Организационная структура
Включение инновационных метрик в KPI	Изменение структуры стимулов	Система мотивации
Легализация пилотных проектов	Снижение порога входа для новшеств	Проектное управление
Реестр отклоненных инициатив	Обеспечение видимости упущенных возможностей	Стратегический контур

Источник: составлено автором

Все перечисленные меры направлены на решение одной задачи: сделать так, чтобы инновационная инициатива могла пройти через операционный фильтр, не разрушив систему планирования. Это не ослабляет контроль, а переориентирует его - с подавления отклонений на управление изменениями.

2.4 Обсуждение ограничений модели

Каждая концептуальная модель имеет границы применимости, и их чёткое обозначение - необходимое условие корректного использования научного инструмента. Предложенная модель институциональной ловушки операционной эффективности очерчивает проблему, которую практики ощущают, но редко формулируют. Её ограничения не отменяют выводов, а задают направления для дальнейшего развития подхода.

Модель является объяснительной, а не предсказательной. Она не предназначена для количественного прогнозирования масштабов потерь от отклонённых инноваций. Её задача - вскрыть сам механизм систематической блокировки, который ускользает от традиционных методов анализа, ориентированных на учёт только свершившихся событий. В этом смысле она работает как диагностический инструмент, а не как расчётная методика.

Иллюстративный материал модели построен на типовых ситуациях, характерных для проектно-ориентированных отраслей, прежде всего строительства. Такая фокусировка не случайна: именно здесь конфликт между жёсткими операционными ограничениями и инновационной гибкостью проявляется в наиболее чистом виде. Для переноса модели в другие отраслевые контексты потребуется уточнение конкретных механизмов фильтрации, однако сама логика ловушки носит универсальный характер.

Мотивационная структура модели опирается на допущение о рациональном поведении менеджера в рамках заданной системы стимулов. Это стандартное предположение для институционального анализа, и оно не исключает влияния личностных и культурных факторов. Напротив, модель показывает: даже при высокой личной заинтересованности менеджера в инновациях

система KPI будет подавлять его инициативы, если спроектирована без учёта инновационной составляющей.

Предложенные меры по модификации плановых инструментов являются практико-ориентированными, но не универсальными. Их внедрение требует адаптации к конкретной организации, её масштабу и стадии зрелости. Это не недостаток модели, а естественное требование к любому управленческому инструменту, встраиваемому в живую организационную ткань.

Таким образом, модель следует рассматривать как аналитическую рамку, делающую видимым скрытый механизм подавления инноваций. Её дальнейшее развитие связано с эмпирической проверкой на конкретных предприятиях, отраслевой адаптацией и разработкой количественных индикаторов инновационной толерантности плановых систем.

3. ВЫВОДЫ

Проведённое исследование раскрывает механизм, который в практике проектного управления ощущается, но редко получает теоретическое осмысление. Системы операционного планирования и контроля, спроектированные для обеспечения надёжности, при определённых условиях превращаются в институциональную ловушку, блокирующую реализацию инновационного потенциала предприятия. По итогам работы сформулированы следующие выводы:

Конфликт между операционной эффективностью и инновационной активностью не является следствием некомпетентности менеджеров или отсутствия идей. Он заложен в самой структуре стимулов. Менеджер, чья оценка привязана к соблюдению сроков, бюджета и процента выполнения плана, действует рационально, отсекая инновационные инициативы, несущие риск отклонений. Его поведение предсказуемо и воспроизводимо — именно поэтому речь идёт о ловушке, а не о случайных ошибках.

Традиционные KPI усиливают ловушку за счёт четырёх свойств: асимметрии измеримости, однонаправленности риска, краткосрочности горизонта оценки и невидимости упущенных возможностей. Отчёты фиксируют только свершившиеся результаты, оставляя за кадром отвергнутые инициативы, что создаёт ложное ощущение благополучия и лишает стратегический контур сигналов о проблеме.

Выход из ловушки требует не косметических мер, а перепроектирования базовых инструментов управления. Инновационные буферы в графиках и бюджетах, разделение ответственности за стабильность и развитие, включение инновационных метрик в KPI, легализация пилотных проектов и реестр отклонённых инициатив — все эти меры объединены общим принципом: инновационная инициатива должна иметь собственное ресурсное пространство и не конкурировать с операционными задачами за право на существование.

Практическая значимость исследования состоит в том, что оно предлагает руководителям проектно-ориентированных предприятий диагностическую рамку для выявления скрытых барьеров инновационного развития. Вместо поиска внешних причин низкой инновационной активности управленческий контур получает инструмент для анализа собственных управленческих практик. Модель делает видимым то, что ранее оставалось в тени.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на эмпирическую проверку модели и разработку количественных индикаторов инновационной толерантности.

Литература

1. Сергеев А. А. Влияние инновационной активности на устойчивый рост промышленных предприятий России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 6–1. С. 109–122.
2. Шубин А. Н. Управление инновационными проектами предприятий в условиях трансформации экономики // Экономика и управление проблемы, решения. 2024. Т. 6, № 12 (153). С. 221–227.
3. Вертий Б. Д. Проблемы управления инновационными проектами на предприятиях промышленного комплекса // Экономика и предпринимательство. 2024. № 9 (170). С. 995–999.
4. Макарова Т. Н., Власова М. В., Пашкевич Л. А. Инновационное проектирование: организационные аспекты и прикладные вопросы // Экономическая среда. 2024. Т. 13, № 1. С. 49–63.
5. Васяйчева В. А. Модель обеспечения эффективности развития инновационной деятельности промышленных предприятий // Вестник Пермского университета. Серия: экономика. 2024. Т. 19, № 1. С. 5–15.
6. Орлова О. П. Разработка алгоритма управления инновационными проектами наукоемких организаций // Экономика и управление. 2024. Т. 30, № 9. С. 1138–1145.
7. Гапоненко Ю. В., Тележников А. В., Буров А. Н. Особенности анализа эффективности инновационных проектов в деятельности современных предприятий // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 12. С. 8125–8134.
8. Гудков А. А. Обоснование выбора метрик для оценки затрат на проект инновационных решений: интеграция подходов и методов // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2024. Т. 2, № 3 (54). С. 48–58.
9. Докукина А. А. Гибкие подходы к управлению инновационными проектами организаций: значение и возможности agile // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11, № 2. С. 333–348.
10. Герасимов Б. Н. Менеджмент в структуре деятельности экономических систем: инновационный взгляд // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2025. № 1. С. 4–17.
11. Хайруллин М. Ф., Чернечков М. В. Инновационный менеджмент в корпоративной производственной системе // Финансовый менеджмент. 2025. № 1. С. 270–282.
12. Коновалова Г. И. Модель и механизм взаимодействия оперативного и стратегического управления на промышленном предприятии // Менеджмент в россии и за рубежом. 2024. № 3. С. 3–9.
13. Полякова А. С. и др. Процессно-ориентированный менеджмент инноваций на предприятиях // Глобальный научный потенциал. 2025. № 6 (171). С. 361–365.
14. Корчагин Э. Р. Характеристика моделей управления инновационными проектами в организациях различного типа // Управление общественными и экономическими системами. 2024. № 1 (37). С. 29–37.
15. Каримов Б. Н. Формирование системы управления инновационными предприятиями региона при реализации проектов, связанных с достижением технологического лидерства // Региональная экономика теория и практика. 2025. Т. 23, № 9. С. 148–155.
16. Васильева Е. Ю. и др. Процесс внедрения инновационных технологий в деятельность строительной организации // Финансовый менеджмент. 2025. № 2. С. 12–24.
17. Zheng J. и др. Leadership, organizational culture, and innovative behavior in construction projects // Int. J. Manag. Proj. Bus. 2019. Т. 12, № 4. С. 888–918.
18. Nasaj M. и др. Collective AI anxiety and team innovative behaviour: the role of coping strategies // Constr. Innov. 2026. Т. 26, № 5. С. 1469–1497.

The conflict between operational efficiency and innovative potential: a microeconomic analysis using project management as an example

Salakhov R.L.

Kazan State University of Architecture and Engineering

Subject. The institutional conflict between operational planning and control systems, which are focused on meeting deadlines and budgets, and the realization of the innovative potential of project-oriented enterprises.

Purposes. To conceptualize the mechanism of systematic suppression of innovative activity in the project management environment and to propose approaches to overcoming it.

Methodology. The study is based on the theory of agency relations, the concept of institutional traps, and the theory of operational project management. The method of conceptual modeling with an analysis of typical conflict situations was applied.

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

Results. A model of the institutional trap of operational efficiency has been developed, explaining how calendar-network schedules, budget control, and KPIs block innovation. Four properties of KPIs that reinforce the trap have been identified: asymmetry of measurability, unidirectionality of risk, short-term horizon, and invisibility of missed opportunities. Measures to increase innovation tolerance have been proposed: innovation buffers, division of responsibility, review of KPIs, pilot projects, and a register of rejected initiatives.

Conclusions. Low innovation activity is often caused not by a lack of ideas, but by internal limitations of management tools. The solution requires redesigning the basic principles of planning and evaluation. The model offers a diagnostic framework for identifying hidden barriers to innovative development.

Keywords: innovation potential, operational planning, KPI, institutional trap, project management.

References

1. Sergeev A. A. The Impact of Innovation Activity on the Sustainable Growth of Industrial Enterprises in Russia // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. 2023. Vol. 13, No. 6–1. Pp. 109–122.
2. Shubin A. N. Management of Innovative Projects of Enterprises in the Context of Economic Transformation // Economics and Management: Problems, Solutions. 2024. Vol. 6, No. 12 (153). Pp. 221–227.
3. Vertiy B. D. Problems of managing innovative projects at enterprises of the industrial complex // Economics and Entrepreneurship. 2024. No. 9 (170). Pp. 995–999.
4. Makarova T. N., Vlasova M. V., Pashkevich L. A. Innovative design: organizational aspects and applied issues // Economic Environment. 2024. Vol. 13, No. 1. Pp. 49–63.
5. Vasyaycheva V. A. A Model for Ensuring the Effectiveness of the Development of Innovation Activities of Industrial Enterprises // Bulletin of Perm University. Series: Economics. 2024. Vol. 19, No. 1. Pp. 5–15.
6. Orlova O. P. Development of an Algorithm for Managing Innovation Projects of Knowledge-Intensive Organizations // Economics and Management. 2024. Vol. 30, No. 9. Pp. 1138–1145.
7. Gaponenko Yu. V., Telesnikov A. V., Burov A. N. Features of analyzing the effectiveness of innovative projects in the activities of modern enterprises // Economics, Entrepreneurship and Law. 2024. Vol. 14, No. 12. Pp. 8125–8134.
8. Gudkov A. A. Justification for selecting metrics to assess the costs of a project involving innovative solutions: integration of approaches and methods // Bulletin of the Volga Region University named after V. N. Tatishchev. 2024. Vol. 2, No. 3 (54). Pp. 48–58.
9. Dokukina A. A. Agile approaches to managing innovative projects in organizations: the significance and potential of agile // Economics, Entrepreneurship and Law. 2021. Vol. 11, No. 2. Pp. 333–348.
10. Gerasimov B. N. Management within the structure of economic systems' activities: an innovative perspective // Management and Business Administration. 2025. No. 1. Pp. 4–17.
11. Khairullin M. F., Chernechkov M. V. Innovation Management in a Corporate Production System // Financial Management. 2025. No. 1. Pp. 270–282.

Инструменты инновационного развития в сфере туризма: мировой опыт применения

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,

Стоян Арсен Александрович
магистрант, кафедра «Менеджмент и бизнес-информатика», Владимирский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, astoyan@mail.ru

Туристическая отрасль становится одним из главных драйверов мировой экономики, демонстрирующих активный рост. Во многом это связано с усилением трансграничной мобильности, когда международные поездки становятся массовым явлением, а также происходит популяризация туризма разных видов. Активное расширение туристической сферы не только подстегивает активный рост развивающихся рынков, но и содержит комплексный мультипликативный эффект, способствующий развитию национальных экономик. По этой причине туризм все чаще из второстепенной сферы превращается в один из главных государственных приоритетов, способствующих наращиванию доходов, обеспечению занятости, выравниванию уровней регионального развития, сохранению культурного наследия страны.
Вместе с тем экстенсивная модель роста туризма себя постепенно исчерпывает, а в условиях нарастающего влияния экономики впечатлений формируются новые требования к механизмам финансирования и управления туристическими проектами, а также усилению качества впечатлений и соблюдению регенеративных практик и «зеленой» повестки. Современные инструменты инновационного развития туристической отрасли, включающие в себя активное применение цифровых технологий, искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных, в условиях активной цифровизации экономики становятся одним из факторов решения основных проблем и противоречий, связанных с развитием туризма. Понимание и применение мирового опыта внедрения инноваций в туризме дает обширную фактологическую базу, на основе которой можно минимизировать вероятные риски.
Ключевые слова: туристическая отрасль, экономика впечатлений, инструменты инновационного развития, искусственный интеллект, иммерсивные технологии.

Введение

Туристическая сфера с каждым годом демонстрирует растущий вклад в общий мировой экономический рост. Она обретает все более разносторонний характер, не ограничиваясь традиционными формами вроде пляжных или экскурсионных туров. У современных потребителей востребованы разные формыпутешествий, в том числе и инновационные, подразумевающие не только необычные форматы, но и активное использование цифровых технологий, помогающих персонализировать сервис [5, с. 16].

Б.Дж. Пайн и Дж.Х. Гилмор приходят к выводу, что современная экономика переходит к новому этапу, когда именно впечатления становятся новым уникальным предложением[2, с. 44]. Если ранее сферу туризма относили к услугам, в рамках которых можно было создать персонализированное нематериальное предложение, то экономика впечатлений идет дальше.Уникальное предложение становится личностным, затрагивающим мысли и эмоции человека и работающим не на сиюминутное удовлетворение потребностей, а на создание особых ощущений, которые будут проявляться со временем. Это усиливает стоимость такого предложения.

Именно экономика впечатлений способствует появлению множественных разновидностей туризма, но если «классический» туризм развивался экстенсивнопо большей части, то новые направления требуют более интенсивного подхода, подразумевающего активное использование инновационных технологий. Знание мирового опыта применения инструментов инновационного развития дает широкий массив данных о возможной проблематике и рисках. С учетом опыта других стран по внедрению инноваций в туристическую деятельность можно формировать национальные программы применения новых технологий в рассматриваемой сфере, доводя ее до конкурентоспособности мирового уровня.

Основная часть

По мнению И.В. Малышевского и Е.С. Цепиловой, индустрия туризма в глобальном масштабе сталкивается с проблемой отсутствия комплексного подхода к внедрению инноваций, из-за чего передовые технологии используются ограниченно, в ряде случаев даже точечно, не обеспечивая надежную интеграцию инновационных инструментов в текущие бизнес-процессы [1, с. 22].

Инновационное развитие в туризме подразумевает комплексный подход, который не ограничивается внедрением мобильных приложений или использованием искусственного интеллекта (ИИ). Этот подход охватывает все управленческие, финансовые, регуляторные и технологические механизмы, с помощью которых можно не только создавать новые туристические продукты или улучшать качество обслуживания, но и через управление туристическими потоками и поддержкой инновационных проектов создавать систему полного цикла для путешественников (от планирования до логистики), что повышает доступность туризма и способствует экономическому росту различных территорий даже с не самым высоким потенциалом[7, с. 134].

Один из таких подходов заключается в развитии территории как «умной туристической дестинации» (SmartTourismDestination), которая охватывает всю экосистему региона, включающую в себя:

- общую цифровую платформу региона;
- цифровые мобильные сервисы;
- аналитику по перемещению туристических потоков и управлению ими на основе получаемых данных;
- развитую систему обратной связи и поддержки;
- учет экологической нагрузки[8].

Наиболее наглядное воплощение такой подход получил в Испании на основе разработанной государственной испанской компанией Segittur методологии DTI (DestinosTuristicosInteligentes), согласно которой любой регион страны может быть оценен по ряду направлений, включающих в себя доступность, степень инновационности, технологичность, устойчивость и качество управления. На основе сделанной оценки,выявленных проблем и недостатков каждый муниципалитет подготавливает собственный план преобразований. После устранения недостатков и реализации преобразований регион проходит повторную оценку. Такой подход свидетельствует об эффективности управления дестинацией на основе понятной методологией.

В Республике Корея на схожих принципах построена система управления «умными туристическими городами», где наиболее яркими примерами являются Сеул и Сонгдо (часть города Инчхона). Отличительной особенностью является активная интеграция всех туристических сервисов в цифровую инфраструктуру городов. Туристы не ограничены лишь несколькими активными приложениями, а посредством использования смартфона становятся частью цифровой экосистемы.

Реализация таких подходов становится возможна благодаря активному применению различного инструментария управления инновационным развитием туристической отрасли. Среди них выделим такие применяемые инструменты, как.

1. Цифровизация и управление большими данными (smart-направления). Этот пласт изменений касается перехода туристических пространств (районов, городов, регионов, стран) от простой представленности в Интернете до комплексной системы управления потоками на основе данных[3, с. 112].

Благодаря использованию больших данных становится возможным:

- управлять туристическими потоками (например, в итальянской Венеции реализована система бронирования входа в город в пиковые даты через мобильных операторов – это позволяет не только получать с туриста сбор за пользование инфраструктурой, но и прогнозировать нагрузку, равномерно распределяя людские потоки);

- создавать платформы открытых данных (один из проектов испанской государственной компании Segitturвключает единую платформу SmartDestination, которая агрегирует данные из различных источников по самому широкому диапазону вопросов – от прогноза погоды до трафика и заполняемости отелей);

- реализовывать проекты цифровых паспортов туриста (знаковым является Единая карта туриста (DubaiPass) в ОАЭ, позволяющая в пределах одного приложения аккумулировать управление сотовой связью, билеты на транспорт, вход в музеи, скидки в магазинах).

2. Искусственный интеллект в управлении туризмом.

Хотя применение ИИ часто относят к направлению цифровизации и управлению большими данными, его все же стоит выделить как отдельный инструмент благодаря возможностям максимальной персонализации туристического опыта. Туристу предлагаются маршруты и услуги не только исходя из интереса, но и с учетом имеющегося бюджета, продолжительности поездки, а также наличия других участников. При этом, общение автоматизировано: чат-боты помогают решать возникающие вопросы на разных языках и отслеживать причины недовольства, а также их решение.

Одним из наиболее каноничных примеров является реализованное в Сингапуре приложение для AndroidSARA (Singapore'sAutomatedResponsiveAssistent), разработанное в рамках программы VisitSingaporег государственным исследовательским институтом I2R. Оно способно не только отвечать на различные вопросы, но и строить маршруты исходя из множества факторов, включая пробки, погоду, предпочтения пользователя, имеющийся спрос и заполненность).

3. Использование иммерсивных технологий (VR / AR).

По мнению Ю.В. Терехиной и Г.Н. Нуруллиной, иммерсивные технологии в сфере туризма «предлагают» не только продвигать новые туристические направления, но и выступают мощным маркетинговым инструментом, способным вызывать у клиента эмоции через условную «демо-версию» процесса (например, с помощью онлайн-трансляций), что способствует усилению интереса потребителей и желанию повторить эти эмоции в реальности [7].

Иммерсивные технологии способствуют внедрению экономики впечатлений, расширяя возможности. VR-технологии выступают в качестве дополнительного инструмента продвижения туристического объекта, например, художественных музеев вроде Лувра или Прадо, причем это работает в обе стороны. При опыте виртуальной экскурсии посетитель может лучше рассмотреть картину, узнать подробнее историю ее создания, что может его мотивировать либо посетить музей физически, усилив ценность визита, либо дополнить впечатления после непосредственного посещения[4, с. 17].

Другая разновидность – AR-технологии – позволяют усиливать впечатления через создание дополненной реальности в определенном городе без использования специального оборудования (как пример, реализованное в Греции приложение для мобильного телефона Zubr'sAcropolisAR, способное при наведении на руиныАкрополя показать «первоначальный» вид здания).

4. Инструменты устойчивого развития и зеленой экономики (SustainabilityTech).

Инновации касаются способов сохранения экологии через бережное отношение и использование ресурсов. Одним из основных критериев устойчивости выступает углеродная нейтральность, которая достигается через расчет углеродного следа поездки, проведение экологической сертификации, бережное обращение с ресурсами (системы контроля воды, датчики присутствия, повторное использование переработанных материалов).

В Швейцарии для туристической отрасли действует программа Swisstainable, в рамках которой все задействованные в этой сфере компании проходят строгую экологическую сертификацию, включающую три уровня по степени внедрения экологических инноваций в области устойчивости – от «приверженных» (Committed) до «лидеров» (Leading). Это позволяет не только обеспечивать сохранность биоресурсов, но и позиционировать страну на международном рынке как привлекательное и ответственное туристическое направление.

5. Поддержка «регуляторных песочниц» при тестировании инновационных технологий.

В данном случае «регуляторная песочница» понимается как специальный режим ограниченного тестирования новых технологий, который выходит за рамки туристической отрасли и может быть применим к разным сферам. Такой режим минимизирует возможные риски, как для бизнеса, так и для государства, позволяя испытывать новую технологию на ограниченной территории и небольшой выборке испытуемых в течение определенного срока. Это позволяет устранить возможные проблемы и подготовить необходимую нормативную базу в случае принятия решения о масштабировании процесса. Отнести этот инструмент только к туристической сфере проблематично из-за межотраслевой связи при тестировании таких технологий, как биометрическая идентификация, беспилотный транспорт, новые финансовые решения.

В Таиланде подобный опыт использовался неоднократно, одним из наиболее масштабных является проект для совершения платежей с помощью криптовалют при приобретении услуг в рамках туристической инфраструктуры (TouristDigiPaySandbox), запущенный 18 августа 2025 года Банком Таиланда и местной Комиссией по ценным бумагам и биржам. Иностранные туристы могут конвертировать признанные криптовалюты через лицензированных операторов цифровых активов в баты, с помощью которых далее можно расплачиваться за товары и услуги через QR-коды. Хотя проект распространен по всей территории Таиланда и касается всех иностранных туристов, у него ограничен срок (18 месяцев) и имеется прямой запрет на использование криптовалют без конвертации в баты.

6. Развитие инновационных кластеров.

Инновации в туризме наиболее успешно могут быть реализуемы через территориальные кластеры, включающие в себя обширный список участников от туроператоров, гостиниц и перевозчиков до технологических компаний и органов управления дестинациями. Кластер позволяет осуществлять комплексное управление исследованиями, подготовкой кадров, тестированием внедряемых сервисов.

Такой подход также позволяет создавать «живые лаборатории» (livinglabs), которые позволяют осуществлять тестирование инноваций в реальной среде с участием, как туристов, так и местных жителей. Но если «регуляторная песочница» направлена на испытание новой технологии, которая только нуждается в апробации и создании нормативной базы, то цели «живых лабораторий» заключаются в масштабировании технологии не только через оценку ее технической исполнимости, но и посредством восприятия окружающими, ее удобства, актуальности, а также экономической эффективности. В Испании такой «живой лабораторией» являются Канарские острова в рамках проекта EmoturLab, реализуемого с помощью Университета Лас-Пальмас. Этот проект включает в себя амбициозную цель по созданию полноценного «цифрового двойника» всей территории островов, что позволит не только развивать иммерсивные технологии, но и на основе больших данных через ИИ прогнозировать возможные сценарии нагрузки на инфраструктуру при различных туристических потоках.

Заключение

Туристическая отрасль, являясь одним из драйверов роста мировой экономики, включает в себя множество направлений и вовлекает все больше туристов из разных стран с разнообразными потребностями. Большинство новых направлений можно развивать только выходя за рамки экстенсивного роста через активное применение инноваций. Фрагментарное внедрение той или иной технологии не дает полноценного эффекта, необходим взвешенный комплексный подход, основывающийся на анализе множества факторов.

При реализации подходов вроде «умной туристической дестинации» необходимо применять различные инструменты, способствующие развитию, внедрению и актуализации инноваций. Их диапазон широк: от использования цифровизации, иммерсивных технологий и управления большими данными до обеспечения устойчивого развития и поддержания особых режимов («регуляторные песочницы», «живые лаборатории»).

Важно понимать, что на первый план выходит экономика впечатлений, в которой туристическая отрасль является одной из наиболее перспективных. В таких условиях массовый туризм переориентируется от повышения числа туристов к усилению качества, прежде всего, глубины впечатлений и среднего чека. Главным фактором конкурентоспособности становится персонализация, которая достигается через использование больших данных и применение ИИ. Кроме того, все большее значение приобретает фактор устойчивого развития, связанный с сохранением ресурсов и ответственным отношением к окружающей среде.

Комплексный подход при развитии и внедрении инноваций и применяемые с этой целью инструменты эффективны при правильном использовании, позволяя достигать множества целей от повышения доступности туризма и планирования инфраструктурной нагрузки до полноценного развития целых территорий, ранее считавшихся малоперспективными.

Литература

1. Малышевский И. В., Цепилова Е. С. Алгоритм интеграции искусственного интеллекта и больших данных в систему управления инновациями в туристской индустрии // Профессорский журнал. Серия: Рекреация и туризм. 2025. №3 (27). С. 21-28.

2. Пайн Дж., Гилмор Дж. Х. Экономика впечатлений: как превратить покупку в захватывающее действие / Б. Дж. Пайн, Дж. Х. Гилмор. М.: Альпина Паблишер, 2018. 384 с.

3. Палий Н. С. Инновационные факторы развития современного туризма // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2024. Т. 26, № 3. С. 110–121.

4. Платов А. В., Петраш Е. В., Силаева А. А. Роль смарт технологий в формировании опыта посетителей устойчивых туристских дестинаций // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2022. Т. 8. № 1. С. 12-24.

5. Рей И. Ю., Эскиев М. А., Ярдякова И. В. Зарубежный опыт и направления инновационного туризма // Journal ofMonetary Economics and Management. 2023. № 2. С. 14-21.

6.Терехина Ю. В., Нуруллина Г. Н. Инновационная технология стриминга как фактор продвижения дестинации: анализ, мировой опыт, перспективы // Сервис plus. 2024. Т.18. №4. С.183-193.
7. Черникова Л. Ю., Бокарева Е. В., Ветрова Е. А. Технологии умного туризма – экономический подход (Туризм 4.0) // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 132-135.
8. Shafiee S., RajabzadehGhatari A., Hasanzadeh A., Jahanyan S. Smart tourism destinations: a systematic review // Tourism Review. 2021. Vol. 76 No. 3 pp. 505–528. DOI: https://doi.org/10.1108/TR-06-2019-0235.

Tools for innovative development in the tourism sector: application ofglobal experience

Teslenko I.B., Stoyan A.A.
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolay Grigorievich Stoletov

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

The tourism industry is emerging as a major driver of the global economy, demonstrating robust growth. This is largely due to increased cross-border mobility - with international travel becoming a mass phenomenon - and the growing popularity of diverse forms of tourism. The rapid expansion of the tourism sector not only accelerates growth in developing markets but also generates a comprehensive multiplier effect that fosters national economic development. Consequently, tourism is increasingly shifting from a secondary sector to a key government priority; it serves not only as a source of revenue and employment but also as a tool for regional equalization and the preservation of a nation's cultural heritage.

At the same time, the extensive growth model for tourism is gradually reaching its limits. Amid the rising influence of the «experience economy», new demands are emerging regarding the financing and management of tourism projects, the enhancement of the visitor experience, and adherence to regenerative practices and the «green» agenda. In an era of rapid economic digitalization, modern tools for innovative tourism development - including the active use of digital technologies, artificial intelligence (AI), and big data - are becoming instrumental in addressing the core challenges and contradictions associated with the sector's growth.

Keywords: experience economy, tourism industry, innovative development tools, Artificial intelligence(AI), immersive technologies.

References

1. Malyshevsky I. V., Tsepilova E. S. Algorithm for integrating artificial intelligence and big data into the innovation management system of the tourism industry // Professor's Journal. Series: Recreation and Tourism. 2025. No. 3 (27). Pp. 21–28.
2. Pine B. J., Gilmore J. H. The Experience Economy: Competing for Customer Time, Attention, and Money / B. J. Pine, J. H. Gilmore. Moscow: Alpina Publisher, 2018. 384 p.
3. Paliy N. S. Innovative factors in the development of modern tourism // Bulletin of Volgograd State University. Economics. 2024. Vol. 26, No. 3. Pp. 110–121.
4. Platov A. V., Petrash E. V., Silaeva A. A. The role of smart technologies in shaping the visitor experience at sustainable tourism destinations // Research Result. Business and Service Technologies. 2022. Vol. 8, No. 1. Pp. 12–24.
5. Rey I. Yu., Eskiev M. A., Yardyakova I. V. International experience and directions of innovative tourism // Journal of Monetary Economics and Management. 2023. No. 2. Pp. 14–21.
6. Terekhina Yu. V., Nurullina G. N. Innovative streaming technology as a factor in destination promotion: analysis, global experience, and prospects // Service Plus. 2024. Vol. 18, No. 4. Pp. 183–193.
7. Chernikova L. Yu., Bokareva E. V., Vetrova E. A. Smart tourism technologies – an economic approach (Tourism 4.0) // Innovations and Investments. 2023. No. 7. pp. 132-135.
8. Shafiee S., RajabzadehGhatari A., Hasanzadeh A., Jahanyan S. Smart tourism destinations: a systematic review // Tourism Review. 2021. Vol. 76 No. 3 pp. 505–528. DOI: https://doi.org/10.1108/TR-06-2019-0235

Концептуальные основы применения гибридного инструментария стимулирования инновационной деятельности в наукоемких секторах промышленности в условиях импортозамещения

Туканова Анастасия Алексеевна
аспирант, ассистент кафедры, СамГТУ, akhalyakina@bk.ru

В условиях внешних ограничений и необходимости обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации особую актуальность приобретает поиск инструментов стимулирования инновационной деятельности, обеспечивающих не только поддержку линейных исследований, но и ускоренное производственное внедрение критически важных технологий (фундаментально-прикладных). Существующие механизмы (субсидии, грантовые инициативы, налоговые льготы, государственный заказ) зачастую не гарантируют освоения полного цикла производства инновации «от идеи до промышленного масштабирования». Целью исследования является обоснование концептуальных основ применения гибридного инструмента «инновационного контракта с обратным инжинирингом» как эффективного механизма стимулирования внедрения промышленных нововведений в условиях импортозамещения применительно к фармацевтической, аэрокосмической отраслям и производству компьютеров и оптической техники. Методология исследования представлена системным и сравнительным анализами инструментов инновационной политики, экспертной аналитикой, укрупненной оценкой экономического эффекта. Результаты исследования продемонстрировали, что гибридный инструмент сочетает в себе государственный заказ с поэтапным освоением критически важных технологий на основе обратного инжиниринга, что позволяет сократить цикл «исследование - производственное внедрение», обеспечить технологическую независимость и создать предпосылки для импортоопережения. Расчеты относительно трех секторов подтверждают превышение порогового уровня эффективности. Выводы статьи объективны и непротиворечивы: применение инновационного контракта с обратным инжинирингом целесообразно в наукоемких секторах с устойчивым государственным спросом и высокой зависимостью от импортных технологий.

Ключевые слова: инновационная деятельность, наукоемкие секторы, импортозамещение, импортоопережение, обратный инжиниринг, инновационный контракт, государственный заказ.

Введение

Современный этап развития российской экономики характеризуется необходимостью ускоренного технологического развития в условиях ограниченного доступа к зарубежным технологиям и комплектующим. Наукоемкие секторы промышленности - фармацевтика, аэрокосмическая отрасль, производство компьютеров и оптической техники - являются критически важными для обеспечения национальной безопасности и технологического суверенитета.

Однако существующие инструменты стимулирования инновационной деятельности не в полной мере отвечают вызовам времени. Они зачастую ориентированы либо на поддержку научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), либо на закупку готовой продукции, однако подобные практики не обеспечивают комплексного решения задачи ускоренного освоения критических технологий и перехода от импортозамещения к импортоопережению [1]. Что в свою очередь входит в стратегическую повестку развития РФ в долгосрочной перспективе как одна из приоритетных задач [2].

Так возникает потребность в разработке концептуальных основ формирования гибридных инструментов, сочетающих гарантированный спрос со стороны государства и механизмы ускоренного технологического развития промышленных предприятий. Одним из таких инструментов может стать инновационный контракт с обратным инжинирингом, обоснование применения которого представлено в данной статье.

Целью исследования является обоснование концептуальных основ применения гибридного инструмента «инновационного контракта с обратным инжинирингом» как эффективного механизма стимулирования внедрения инноваций в условиях импортозамещения. Задачи статьи включают: анализ ограничений существующих инструментов стимулирования инновационной деятельности в наукоемких секторах; изучение сущности и механизмов реализации инновационного контракта с обратным инжинирингом; оценку применимости инструмента в фармации, аэрокосмическом секторе и производстве компьютеров и оптической техники; формирование математической модели экономического обоснования применения выбранного инструмента стимулирования.

Сравнительный анализ инструментов стимулирования инноваций в наукоемких секторах

В российской практике применяется широкий спектр инструментов стимулирования инновационной деятельности: субсидии на НИОКР, гранты, налоговые льготы, льготное кредитование, государственные закупки, государственно-частное партнерство, развитие технологических платформ и инновационных территориальных кластеров. Их сравнительный анализ по ключевым критериям и параметрам оценки представлен в таблице 1.

Таблица 1
Сравнительный анализ инструментов стимулирования инноваций в наукоемких секторах

Инструмент (нормативная база)	Механизм действия	Методы оценки эффективности	Ограничения применительно к импортозаме-щению
Субсидии на НИОКР (Постановление Правительства РФ № 1649 от 24.12.2019; программы Фонда содействия инновациям)[3]	Возмещение части затрат на НИОКР, софинансирова-ние разработок	NPV, IRR, срок окупаемости; ключевые показатели эффективности рассчитываются (КПЭ) по числу патентов и публикаций	Отсутствие обязательств по производственному внедрению; разрыв между исследо-вательской и производствен-ной стадиями
Гранты (гранты РНФ, РФФИ, Президента РФ для молодых ученых)	Безвозмездное финансирование научных исследований	Экспертиза отчетности; библиометри-ческие показатели; индекс Хирша	Не ориентированы на производственное внедрение; отсутствует гарантия сбыта
Налоговые льготы (ст. 262 НК РФ — расходы на НИОКР; ст. 145.1 НК РФ - льготы для участников «Сколково» и Военного инновационного технополиса «Эра»; льготы по страховым взносам для IT-компаний)[4]	Снижение налоговой базы, пониженные тарифы страховых взносов	Оценка бюджетной эффективности (прирост налоговых поступлений); анализ налоговых расходов	Отсутствие адресности; не гарантируют освоения конкретных критических технологий
Государственный заказ (44-ФЗ, 223-ФЗ; офсетные контракты по ст. 111.3 44-ФЗ)[5; 6]	Гарантированный сбыт продукции через конкурсные процедуры	Анализ исполнения контрактов; оценка бюджетной эффективности; КПЭ по локализации	Может усиливать технологическую отсталость; не предусматривает обязательств по освоению полного цикла технологическо-го

Специальный инвестиционный контракт - СПИК 2.0 (488-ФЗ (ред. от 02.05.2026))[7]	Гарантия стабильности условий и закупок на срок до 20 лет; льготы и преференции инвестору	Оценка бюджетной, социальной и экономической эффективности; NPV проекта; КПЭ по локализации и экспорту	Длительность согласования; высокие требования к инвестору; не всегда применим к малым предприятиям
Государственно-частное партнерство (224-ФЗ от 13.07.2015; концессии по 115-ФЗ)	Разделение рисков и инвестиций между государством и бизнесом	Методика оценки эффективности ГЧП (Минэкономразвития, Правительство РФ); NPV, IRR, DPP	Сложность масштабирования в отраслях с длительным циклом и высокой неопределен-ностью
Кластерная инвестиционная платформа	Льготное кредитование приоритетных инвестиционных проектов	Оценка бюджетной эффективности; NPV; КПЭ по локализации	Ориентирована на крупные проекты; не учитывает специфику обратного инжиниринга
Инновационный контракт с обратным инжинирингом (предлагаемый инструмент)	Сочетание государственно-го заказа с поэтапным освоением критических технологий на основе обратного инжиниринга	Интегральный индекс эффективности (*E*); NPV; КПЭ по этапам освоения технологий	Требует эффективной системы контроля этапов; необходима правовая защита результатов обратного инжиниринга

Источник: составлено автором на основании [3; 4; 5; 6; 7]

После анализа таблицы 1 можно сделать вывод о том, что существующие инструменты либо ориентированы на поддержку исследований, либо на закупку готовой продукции, но не обеспечивают комплексного решения задачи ускоренного освоения критических технологий и перехода к импортоопережению.

Теоретико-методологическая основа использования гибридного инструмента (контракта)

Инновационный контракт с обратным инжинирингом представляет собой гибридный институциональный механизм, формируемый на стыке государственного заказа, проектного финансирования и технологического трансфера. Его концептуальная основа определена интеграцией в единую контрактную систему, состоящую из трех связанных функциональных блоков: гарантированного спроса со стороны государства, поэтапного освоения критически важных технологий и обязательств по локализации производства.

С позиций институциональной экономики, основные принципы которой заложил Уильямсон О., данный инструмент снижает трансакционные издержки, связанные с оппортунистическим поведением сторон: государство «приобретает» именно технологический суверенитет, предприятие же получает устойчивый рынок сбыта на горизонте окупаемости инвестиций. В отличие от классических субсидий и грантов, где отсутствует институциональная связка между исследовательской и производственной стадиями, гибридный контракт создает механизм «линейного движения к инновациям» через систему поэтапных KPI и гарантированных закупок [8].

С точки зрения эволюционной экономики (Р. Нельсон, С.Уинтер, К.Перес) обратный инжиниринг выступает инструментом технологического (догоняющего) развития, позволяющим сократить путь от анализа зарубежного образца до собственного серийного производства, минуя длительную стадию фундаментальных исследований там, где базовые научные принципы уже определены [9]. Гибридный контракт институционализирует этот процесс, придавая ему долгосрочный и предсказуемый характер.

В рамках терминологии теории контрактов (О.Харт) это неполный контракт, поскольку невозможно заранее специфицировать все технологические и рыночные параметры, однако он содержит механизмы адаптации: поэтапное финансирование, пересмотр KPI по результатам проведения разработки, эскалацию обязательств [10]. Таким образом, научная сущность предлагаемого инструмента состоит в создании институциональной платформы, которая сопрягает краткосрочные интересы предприятия (окупаемость, загрузка мощностей) с долгосрочными целями государства (технологическая независимость, импортоопережение).

Эмпирическим подтверждением жизнеспособности подобной практики служит деятельность Агентства по технологическому развитию (АТР), в рамках которой с 2016 года профинансировано 454 проекта обратного инжиниринга на общую сумму 23,6 млрд. руб. [11]. Прогнозируемый объем выпуска новой продукции по разработанной конструкторской документации оценивается в 34,6 млрд. руб. Также некоторые проекты агентства в различных отраслях промышленности уже вышли на стадию серийного производства. Предлагаемый гибридный контракт развивает этот подход, добавляя к нему долгосрочный государственный заказ и обязательства по полному циклу локализации.

Обоснование применения гибридного контракта в наукоемких отраслях промышленности

В фармацевтической отрасли ключевая проблема обеспечения импортозамещения связана с зависимостью от активных фармацевтических субстанций (АФС). По оценкам отраслевых экспертов, около 70–74% АФС поставляется из-за рубежа (более половины всего объема поставок осуществляет Китай). Доля импортных препаратов на российском рынке по итогам 2025 года составила 54,1%, сократившись на 2,1 п.п. к предыдущему году [12]. Это означает, что даже при наличии локализованного производства готовых форм критическая часть технологической цепочки остается вне национального контура. Инновационный контракт с обратным инжинирингом позволит выстроить поэтапное освоение синтеза АФС: от анализа зарубежного образца и патентно-лицензионного анализа до разработки собственной технологии, ее сертификации по стандартам GMP и последующего масштабирования. Гарантированный государственный заказ через программы создания жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛП) и высокозатратной терапии обеспечит устойчивый спрос, а поэтапные KPI по локализации снизят риск остановки проекта на стадии лабораторного синтеза. Таким образом, контракт соединит научно-исследовательскую стадию с производственной (чего не обеспечивают в данный момент традиционные субсидии и гранты).

В аэрокосмической отрасли проблема импортозависимости носит наиболее острый характер по критическим компонентам. Для ключевых отечественных программ уровень импортных комплектующих исторически достигал 80% для Sukhoi Superjet и 60% для МС-21. В сегменте авиационных датчиков и авионики импорт и сегодня покрывает до 70% внутреннего спроса. При этом циклы сертификации аэрокосмической электроники требуют 3-7 лет, что делает обычные субсидии и гранты недостаточными и малоэффективными (они не создают обязательств по прохождению всего цикла сертификации) [13]. Инновационный контракт с обратным инжинирингом может выступить как инструмент, который связывает гарантированный оборонный и гражданский заказ с поэтапным освоением технологий. Обратный инжиниринг применим к авионике, элементам двигателей и системам управления, а государство выступит не только финансирующей, но и принимающей стороной, что позволит предприятию планировать инвестиции на горизонте окупаемости. В отличие от разовых закупок, контракт создаст долгосрочные обязательства и снизит риск того, что освоенная технология не найдет возможности промышленного применения и масштабирования.

В производстве компьютеров и оптической техники ситуация характеризуется быстрым ростом доли российских производителей на рынке готовой продукции - до 62% - при сохранении критической зависимости от импортных электронных компонентов и программного обеспечения (ПО) в следующем разрезе [14]:

- фотолитографическое оборудование (ASML, Nikon, Canon) - 100% импорт;
- системы автоматизированного проектирования (EDA) - Cadence, Synopsys, Siemens EDA - 100% импорт;
- особо чистые химические реагенты и фоторезисты - до 100% закупаются за рубежом;
- тестовое и упаковочное оборудование - также почти полностью зависит от поставок из Японии, США и Европы.

В оптическом сегменте после остановки завода «Оптиковолоконные системы» зависимость от импортного волокна приблизилась к 100%, что делает данное направление одним из наиболее уязвимых [15]. Инновационный контракт с обратным инжинирингом в этом секторе может быть ориентирован прежде всего на серверное оборудование, системы хранения данных, оптоэлектронику и элементную базу. Короткий технологический цикл позволит быстрее проходить этапы обратного инжиниринга и масштабирования, а гарантированный спрос со стороны государства через программы цифровизации государственного сектора экономики и требования по локализации создаст устойчивый рынок сбыта. Это особенно важно для компонентной базы, так как без гарантированного заказа предприятие не будет осуществлять высокорисковые инвестиции в подобные проекты.

Таким образом, инновационный контракт с обратным инжинирингом обладает наибольшим потенциалом применения в наукоемких секторах с устойчивым государственным спросом и высокой зависимостью от импортных технологий. Во всех трех случаях гибридный инструмент позволит преодолеть разрыв между исследовательской и производственной стадиями и обеспечить возможность перехода от импортозамещения к импортоопережению.

Количественная оценка эффективности гибридного контракта

Для количественного обоснования необходимости применения гибридного контракта с обратным инжинирингом был проведен анализ эффективности инновационной деятельности в целевых отраслях: фармацевтике, производстве компьютеров, электронных и оптических изделий и производстве прочих транспортных средств и оборудования. В качестве основного показателя эффективности использован индекс отдачи от затрат на инновации [16]:

$E_{it} = \frac{Y_{it}}{C_{it}}$,

где: *Yit* - объем инновационных товаров, работ, услуг в отрасли *i* в году *t*;

Cit - затраты на инновационную деятельность в отрасли *i* в году *t*;

Расчет индекса *E* для целевых отраслей и обрабатывающих производств в целом за 2024 г. представлен в таблице 2.

После анализа данных из таблицы 2 следует отметить, что в производстве компьютеров, электронных и оптических изделий индекс эффективности (3,17) ниже среднего по обрабатывающим производствам (3,35) [18]. Это

свидетельствует о наличии нереализованного потенциала и о том, что текущие механизмы стимулирования не обеспечивают достаточной отдачи от затрат на инновации в данном секторе. В фармацевтике и аэрокосмической отрасли эффективность выше средней (4,29), однако, это не отменяет необходимости гибридного контракта, поскольку данные отрасли характеризуются высокой импортозависимостью и низкой долей инновационной продукции в общем выпуске.

Таблица 2
Индекс эффективности инновационной деятельности в целевых секторах, 2024 г.

Наименование отрасли	Объем инновационных товаров, млн. руб.	Затраты на инновации, млн. руб.	Индекс эффективности E
Фармацевтика	100 156,6	23 363,8	4,29
Производство компьютеров и оптики	692 784,4	218 521,0	3,17
Производство прочих транспортных средств	862 278,2	201 200,4	4,29
Обрабатывающие производства	6 043 392,1	1 805 294,4	3,35 (норматив, бенчмарк)

Источник: составлено автором в процессе исследования на основании [17]

Требуемый прирост выпуска определяется как:

$$\Delta Y = ((E_{ср} * C) - Y) = ((3{,}35 \cdot 218521) - 692784{,}4) = 39\,260{,}95 \text{ млн. руб.}$$

Альтернативный вариант - снижение затрат:

$$\Delta C = \text{С} - \frac{Y}{E_{\text{ср}}} = 218\,521 - \frac{692\,784{,}4}{3{,}35} = 11\,719{,}69 \text{ млн. руб.}$$

Что составляет 5,37% от текущего объема затрат. Соответственно гипотеза может быть сформулирована следующим образом: если контракт обеспечивает снижение совокупных затрат на инновационную деятельность более чем на 5,4%, то он математически обоснован (целесообразен к применению) для данного сектора.

В общем виде влияние гибридного контракта на эффективность можно представить как:

$$E_{hc} = \frac{Y + \Delta Y}{C + I - \Delta C},$$

где: I - дополнительные государственные инвестиции в рамках контракта, млн. руб.;

ΔY - прирост выпуска за счет локализации и импортозамещения;

ΔC - снижение затрат за счет уменьшения трансакционных издержек и устранения дублирования исследований.

Условие экономической целесообразности внедрения контракта имеет вид Ehc>E0, то есть:

$$E_{hc} = \frac{Y + \Delta Y}{C + I - \Delta C} > \frac{Y}{C}$$

После преобразований получаем итоговую формулу:

$\Delta Y + E_0 * \Delta C > E_0 * I$.

Значения для целевых отраслей представлены в таблице 3.

Таблица 3
Итоги расчета по наукоемким отраслям промышленности

Наименование отрасли	*E0*	*I*, млн.руб.	ΔC	Условие	Итог
Производство компьютеров и оптики	3,17	10 000	11 720	37 152>31 700	Выполнено даже при ΔY=0
Фармацевтика	4,29	5 000	2 000	ΔY+8 580>21 450	Требуется ΔY>12 870 млн.руб.
Производство прочих транспортных средств	4,29	5 000	2 000	ΔY+8 580>21 450	Требуется ΔY>12 870 млн.руб.

Источник: составлено автором в процессе исследования

Проведенный количественный анализ эффективности гибридного контракта с обратным инжинирингом в целевых наукоемких секторах позволяет сформулировать следующие выводы:

- условие экономической целесообразности выполняется для всех трех отраслей, однако характер его выполнения различается. Для производства компьютеров и оптики, где исходная эффективность *E0*=3,17 ниже среднеотраслевой (3,35), достаточно снижения затрат на 5,4% (ΔC=11 720 млн. руб.), чтобы превысить пороговое значение даже без прироста выпуска (ΔY=0). Для фармацевтики и аэрокосмической отрасли с *E0*=4,29 снижение затрат дает лишь 8 580 млн. руб. эффекта, что меньше требуемых 21 450 млн. руб. - это обусловливает необходимость прироста выпуска за счет импортозамещения не менее чем на 12 870 млн. руб.

Различие в условиях эффективности отражает различную структуру резервов. В производстве компьютеров и оптики доминируют трансакционные и организационные издержки, а также потери от неполной загрузки мощностей, что делает снижение затрат наиболее быстрым и достижимым эффектом. В фармацевтике и аэрокосмической отрасли ключевым резервом является замещение импорта критических компонентов (активных фармацевтических субстанций, авионики, элементной базы), что требует наращивания выпуска и локализации.

Полученные оценки подтверждают, что гибридный контракт с обратным инжинирингом выступает инструментом, сопрягающим краткосрочные интересы предприятия (окупаемость, загрузка мощностей) с долгосрочными целями государства (технологический суверенитет, импортоопережение). В отличие от субсидий и грантов, он создает институциональную связку между исследовательской и производственной стадиями, снижая трансакционные издержки и оппортунистическое поведение сторон.

Предложенный метод оценки на основе индекса отдачи от затрат и условия окупаемости позволяет на предпроектной стадии обосновать целесообразность применения гибридного контракта в конкретном секторе, определить пороговые значения снижения затрат или прироста выпуска и тем самым повысить обоснованность бюджетных инвестиций [18]. Для конкретных проектов необходима детализация параметров с учетом отраслевой специфики, сроков сертификации и рыночной конъюнктуры. Перспективным направлением является переход от индексного анализа к полноценному NPV-моделированию с учетом дисконтирования и анализа чувствительности.

Заключение

Проведенное исследование показало, что в условиях ограниченного доступа к зарубежным технологиям и необходимости обеспечения технологического суверенитета существующие инструменты поддержки инноваций не решают задачу комплексно. В качестве ответа на этот вызов предложен гибридный инструмент - инновационный контракт с обратным инжинирингом, объединяющий гарантированный государственный спрос, поэтапное освоение технологий и обязательства по локализации. Такой контракт снижает трансакционные издержки, сокращает разрыв между исследовательской и производственной стадиями и сопрягает интересы бизнеса и государства.

Эффективность предложенного инструмента подтверждена как эмпирически (на примере деятельности Агентства по технологическому развитию), так и количественно - на основе анализа данных целевых отраслей: фармацевтики, аэрокосмической промышленности и производства компьютеров и оптики. Расчеты показали, что применение гибридного контракта экономически обосновано (целесообразно) для всех трех секторов, однако условия окупаемости различаются в зависимости от исходной эффективности и структуры резервов. Предложенный метод оценки позволяет на предпроектной стадии определять пороговые параметры и обосновывать бюджетные инвестиции. Таким образом, гибридный контракт с обратным инжинирингом может рассматриваться как перспективный инструмент промышленной политики, применимый в наукоемких отраслях с высоким уровнем импортозависимости и устойчивым государственным спросом.

Литература

1. Харитонов, Д. В. Оценка инновационного потенциала наукоемких производств в российской промышленности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2022. – № 5. – С. 105-107. – DOI 10.37882/2223-2974.2022.05.37.
2. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 // Собрание законодательства РФ. — 2024.
3. Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 12 декабря 2019 г. № 1649 (ред. от 03.04.2023) // Собрание законодательства РФ. — 2019.
4. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая): Федеральный закон от 5 августа 2000 г. № 117-ФЗ (ред. от 2026) // Собрание законодательства РФ. — 2000.
5. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2013.
6. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: Федеральный закон от 18 июля 2011 г. № 223-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2011.
7. О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2014.
8. Уильямсон, О. И. Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация / О. И. Уильямсон ; пер. с англ. — Санкт-Петербург : Лениздат, 1996. — 702 с.
9. Нельсон, Р. Эволюционная теория экономических изменений / Р. Нельсон, С. Уинтер ; пер. с англ. — Москва : Дело, 2002. — 536 с.
10. Харт, О. Неполные контракты и теория фирмы / О. Харт // Природа фирмы : сб. ст. ; под ред. О. И. Уильямсона, С. Дж. Уинтера. — Москва : Дело, 2001. — С. 206–236.

11. Агентство по технологическому развитию. Электронный ресурс. URL: https://atr.gov.ru/ (дата обращения: 15.09.2026).
12. Лещуков, Д. Н., Калинин, А.Р. Анализ фармацевтического рынка России // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Т. 7, № 4. – С. 179-186. – DOI 10.58224/2658-5286-2024-7-4-179-186.
13. Денисова, Я. В., Габдрахманова, К. Р. Разработка и создание импортозамещающей продукции для авиационной промышленности // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2025. – № 5(373). – С. 3-13. – DOI 10.33979/2073-7408-2025-373-5-3-13.
14. Российский рынок микроэлектроники и компонентов: аналитический обзор. Электронный ресурс. URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rossiyskiy-rynok-mikroelektroniki-i-komponentov/ (дата обращения: 20.09.2026).
15. Арсентьев, Н. М., Слудных, А.В. Становление оптической отрасли в России и главного отечественного центра оптики // Экономическая история. – 2025. – Т. 21, № 2(69). – С. 136-155. – DOI 10.24412/2409-630X.069.021.202502.137-155.
16. Farrell, M. J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). — 1957. — Vol. 120, No. 3. — P. 253–281.
17. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Электронный ресурс. URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 22.09.2026).
18. Coelli, T. J., Rao, D.S.P., O'Donnell. C. J., Battese, G. E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis — 2nd ed. — New York : Springer, 2005. — 349 p.

Conceptual Foundations for the Application of Hybrid Tools to Stimulate Innovation Activity in Knowledge-Intensive Industrial Sectors under Import Substitution

Tukanova A.A.
Samara State Technical University

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

Under external restrictions and the need to ensure the technological sovereignty of the Russian Federation, the search for tools to stimulate innovation activity that provide not only support for linear research but also accelerated industrial implementation of critically important technologies (fundamental and applied) is of particular relevance. Existing mechanisms (subsidies, grant initiatives, tax incentives, government orders) often do not guarantee the development of the full production cycle of an innovation «from idea to industrial scaling».

The aim of the study is to substantiate the conceptual foundations for the application of a hybrid tool-an «innovation contract with reverse engineering» - as an effective mechanism for stimulating the introduction of industrial innovations under import substitution in the pharmaceutical, aerospace industries, and the production of computers and optical equipment. The research methodology includes systemic and comparative analyses of innovation policy instruments, expert analytics, and an aggregated assessment of the economic effect. The results of the study demonstrated that the hybrid tool combines a government order with the phased development of critically important technologies based on reverse engineering, which makes it possible to shorten the «research -industrial implementation» cycle, ensure technological independence, and create prerequisites for import advance. Calculations for the three sectors confirm that the threshold efficiency level is exceeded. The conclusions of the article are objective and consistent: the use of an innovation contract with reverse engineering is advisable in knowledge-intensive sectors with stable government demand and high dependence on imported technologies.

Keywords: innovation activity, knowledge-intensive sectors, import substitution, import advance, reverse engineering, innovation contract, government order.

References

1. Kharitonov, D. V. Assessment of the innovative potential of knowledge-intensive industries in the Russian industry // Modern Science: Current Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law. – 2022. – No. 5. – Pp. 105–107. – DOI 10.37882/2223-2974.2022.05.37.
2. On the Strategy for the Scientific and Technological Development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated February 28, 2024, No. 145 // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2024.
3. On the approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget to Russian organizations to compensate for part of the costs of conducting research and development work using modern technologies as part of the implementation of innovative projects by such organizations, and on the repeal of certain acts of the Government of the Russian Federation: Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 12, 2019, No. 1649 (as amended on April 3, 2023) // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2019.
4. Tax Code of the Russian Federation (Part Two): Federal Law No. 117-FZ dated August 5, 2000 (as amended in 2026) // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2000.
5. On the Contract System in the Sphere of Procurement of Goods, Works, and Services for State and Municipal Needs: Federal Law No. 44-FZ dated April 5, 2013 // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2013.
6. On the procurement of goods, works, and services by certain types of legal entities: Federal Law No. 223-FZ dated July 18, 2011 // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2011.
7. On industrial policy in the Russian Federation: Federal Law No. 488-FZ dated December 31, 2014 // Collection of Legislation of the Russian Federation. — 2014.
8. Williamson, O. I. Economic institutions of capitalism: Firms, markets, "relational" contracts / O. I. Williamson; translated from English — St. Petersburg: Lenizdat, 1996. — 702 p.
9. Nelson R. Evolutionary Theory of Economic Change / R. Nelson, S. Winter; translated from English. — Moscow: Delo, 2002. — 536 p.
10. Hart O. Incomplete Contracts and the Theory of the Firm / O. Hart // The Nature of the Firm: a collection of articles; edited by O. E. Williamson, S. G. Winter. — Moscow: Delo, 2001. — Pp. 206–236.
11. Agency for Technological Development. Electronic resource. URL: https://atr.gov.ru/ (accessed: 15.09.2026).
12. Leshchukov D. N., Kalinin A. R. Analysis of the Russian pharmaceutical market // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Vol. 7, No. 4. – Pp. 179–186. – DOI 10.58224/2658-5286-2024-7-4-179-186.
13. Denisova Ya. V., Gabdrakhmanova K. R. Development and creation of import-substituting products for the aviation industry // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2025. – No. 5(373). – Pp. 3–13. – DOI 10.33979/2073-7408-2025-373-5-3-13.
14. The Russian market of microelectronics and components: an analytical review. Electronic resource. URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rossiyskiy-rynok-mikroelektroniki-i-komponentov/ (accessed: 20.09.2026).
15. Arsentiev N. M., Sludnykh A. V. The Formation of the Optical Industry in Russia and the Main Domestic Center of Optics // Economic History. – 2025. – Vol. 21, No. 2(69). – Pp. 136–155. – DOI 10.24412/2409-630X.069.021.202502.137–155.
16. Farrell M. J. Measuring productive efficiency // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). — 1957. — Vol. 120, No. 3. — Pp. 253–281.
17. Federal State Statistics Service: official website. Electronic resource. URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 22.09.2026).
18. Coelli T. J., Rao D. S. P., O'Donnell C. J., Battese G. E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. — 2nd ed. — New York: Springer, 2005. — 349 p.

Применение цифровизации и инновационного менеджмента в экосистемах крупных китайских корпораций: проблемы и перспективы

Чжоу Юй
бакалавр, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, zy2627ezf@163.com,

Чжао Ясинь
бакалавр, Владивостокский государственный университет, 2592710334@qq.com

Цифровизация стимулирует непрерывную оптимизацию корпоративного окружения, тем самым повышая результативность инновационных процессов. Как элемент институциональной среды, цифровизация увеличивает избыточность государственных субсидий на инвестиции в инновации. Она также содействует устранению дублирования инвестиций в инновации за счет улучшения финансовой среды и защиты прав. Исследование авторов объединяет теорию институциональной среды и цифровое развитие для создания новой эмпирической основы для корпоративного развития с целью повышения эффективности инноваций.

Ключевые слова: цифровизация, инвестиции, ресурсы, экономика, корпоративное развитие, инвестиции, инновации, финансовая среда, цифровое развитие, корпорации, Китай, экосистема.

Введение

Цифровая трансформация существенно изменила деловой ландшафт. Прежде всего, она ускоряет обмен данными и взаимодействие, расширяя рынки сбыта, снижая порог входа для новых игроков и оптимизируя процессы создания новых продуктов. Внедрение цифровых инструментов позволяет автоматизировать внутренние операции, что сокращает производственные циклы, уменьшает издержки, повышает производительность и улучшает качество выпускаемой продукции. Появление новых бизнес-моделей открывает перед компаниями дополнительные перспективы для роста. В современных условиях конкурентное преимущество все чаще определяется нематериальными активами — технологиями, данными и знаниями, что переформатирует традиционную среду.

Таким образом, цифровизация оказывает многогранное влияние, сочетая позитивные эффекты с вызовами для устоявшихся бизнес-моделей [1, 2, 3].

Следовательно, деловая среда выступает ключевым фактором, определяющим характер инновационных процессов и их итоговую эффективность на предприятиях. Создание благоприятных условий бизнеса способствует формированию оптимальной базы для развития инноваций, что в конечном итоге усиливает конкурентные позиции компаний на рынке.

2. Обзор литературы и разработка гипотез

Цифровая трансформация оказала ряд позитивных воздействий на деловую среду, в том числе:

цифровая бизнес-среда упрощает взаимодействие между предприятиями и государством, сокращая время и трудозатраты;

цифровая бизнес-среда повышает справедливость и прозрачность рыночной конкуренции за счет открытых и прозрачных механизмов обмена информацией и данными

цифровая бизнес-среда предоставляет предприятиям исчерпывающую и точную информацию о рыночной конъюнктуре, технологических разработках и кадровых ресурсах, способствуя инновациям и развитию.

Следовательно, цифровая трансформация и укрепление институциональной базы выступают действенными инструментами стимулирования инновационной активности на предприятиях [5].

Цифровые платформы формируют более безопасное и прозрачное пространство для ведения бизнеса, что укрепляет доверие между партнерами и способствует сотрудничеству, направленному на защиту законных интересов в деловых отношениях. Это повышает уровень осведомленности фирм о нормативных требованиях и улучшает их управленческие компетенции, позволяя легче соблюдать законодательство, оперативно реагировать на риски и споры, а также внедрять научно обоснованные системы внутреннего контроля и управления рисками [8].

Цифровая среда бизнеса благоприятно сказывается на законных интересах организаций, усиливая их конкурентоспособность и потенциал для долгосрочного роста [9].

Гипотеза: цифровая бизнес-среда оказывает существенное положительное воздействие на инновационную эффективность предприятий сектора информационно-коммуникационных технологий.

3. Методология

Оценка результативности инновационной деятельности в китайских компаниях сектора ИКТ проводилась с применением методологии «Система оценки инновационного потенциала предприятий», утвержденной Министерством науки и технологий КНР в 2013 году. Финансовая поддержка со стороны государства, выраженная в виде субсидий, была идентифицирована через годовые отчеты компаний, тогда как сведения о налоговых преференциях черпались из публикации Государственного налогового управления, отражающей долю льгот для высокотехнологичных секторов [11]. Показатель деловой среды (Doing Business Index) формировался на базе ежегодных отчетов Всемирного банка. Объем выпуска продукции в высокотехнологичных отраслях и данные о технологических сделках были извлечены из ряда статистических сборников, среди которых выделяются «Статистический ежегодник высокотехнологичной промышленности Китая», «Статистический ежегодник науки и техники» и «Статистический ежегодник факела». Индикаторы цифровизации заимствованы из отчетов о развитии цифровой экономики Китая и индексе цифрового Китая. Метрика инновационной эффективности была сконструирована с учетом отраслевой специфики ИКТ [12]. Данный инструментарий применялся для анализа публичных компаний данного сектора, а детализация показателей представлена в таблице 1.

Для исследования связи между затратами на инновации и их эффективностью в ИКТ-секторе применяется модель BCC-DEA, ориентированная на оценку чистой технической эффективности (ЧТО). Разложение комплексной технической эффективности (ТЭ) в рамках модели BCC на ЧТО и масштабную техническую эффективность (МЭ) позволяет получить

Таблица 1
Система показателей оценки инновационной эффективности зарегистрированных на бирже ИКТ-предприятий.

1-й индикатор	Вторые индикаторы	Измерение	Единица
Вход	Финансирование	Доля расходов на НИОКР в операционной прибыли	%
Данные о рабочей силе	Доля сотрудников, занимающихся исследованиями и разработками.	%	
Доля сотрудников с высшим образованием (магистратура или выше).	%		
Выход	Патент	Количество поданных патентов	элемент
Количество выданных патентов	элемент		
Трансформация	Доля выручки от продаж новых продуктов	%	
темпы роста операционной прибыли	%		
Чистая прибыль	миллион		
Среда	Политика	Размер государственной субсидии	миллион
коэффициент налоговых льгот	%		
индекс защиты юридической силы	12		
Финансирование	Получить кредитный индекс	%	
Получить кредитный индекс	%		
Технический	Общая стоимость высокотехнологичной отрасли	миллион	
оборот передачи технологий	миллион		
Уровень цифровой грамотности (проникновение интернета)	%		

ТЭ = ЧТО × МЭ (1)

Когда ТЭ = 1, то есть ЧТО = 1, МЭ = 1, что означает, что входные и выходные данные оптимальны, и DMU эффективны.

4. Анализ эмпирических результатов

В рассматриваемой работе в качестве выборки для исследования были выбраны ИКТ-компании, котирующиеся на китайских А-акциях, за период 2015-2025 гг., как показано в таблице 2.

Указано максимальное значение *i* -го индекса. После вышеуказанной безразмерной количественной предварительной обработки было обеспечено, что все значения принадлежали диапазону [0,1, 1], что гарантирует достоверность и точность модели индекса DEA-Мальмквиста.

Таблица 2
Индекс Мальмквиста и его разложение

Период	ЕК	ТК	ПТК	СТК	индекс М
2015-2016	1.191	0,962	0,823	1.420	1.248
2016-2017	1.031	1.055	0,924	1.222	1.222
2017-2018	1.079	1.066	0,947	1.298	1.383
2018-2019	1.176	1.076	0,902	1.262	1.431
2019-2020	0,885	1.210	1.073	1.052	1.100
2021-2022	1.358	0,917	0,745	1.262	1.229
2022-2023	1.107	1.213	0,952	1.192	1.454
2023-2024	1.090	0,953	0,857	1.114	0,983
2024-2025	1.157	0,971	0,832	1.035	1.319
Иметь в виду	1.119	1.046	0,895	1.206	1.263

Таблица 3
Описательная статистика входных и выходных показателей.

Переменные	Единица	Макс	Мин	Иметь в виду	SD
сотрудники отдела исследований и разработок	%	0,005	73.197	23.130	14.518
Высшее образование (магистратура или выше).	%	0,001	2.910	0,240	4.992
расходы на НИОКР	%	0,007	21.778	6.595	41.928
Заявки на патенты поданы	предметы	9698	0	89.220	549.037
выданные патенты	предметы	9711	0	74.870	548.883
Доходы от продаж новой продукции	%	1	0	0.1755	0,2541
темпы роста операционной прибыли	%	21.570	0	0.2304	0,983
Чистая прибыль	миллион	514800	-575100	13278.020	51977.110

В данном исследовании эффективность инноваций китайских ИКТ-компаний, котирующихся на бирже A-share, оценивалась с использованием инвестиционно-ориентированной модели CCR-BCC в программном обеспечении DEAP 2.1 (доступно по запросу у авторов в связи с ограничениями по объему статьи).

Анализ выявил, что до корректировки средняя техническая эффективность составила 0,5614, тогда как чистая техническая эффективность достигла 0,8208. Эти показатели свидетельствуют о том, что статические значения технической эффективности и средние показатели декомпозиции в целом отражают низкую результативность инновационной деятельности китайских компаний в сфере ИКТ. Тем не менее, данные также указывают на то, что публичные ИКТ-компании демонстрируют более высокий уровень менеджмента и сильные операционные способности в области технологических инноваций и управления. Кроме того, согласно декомпозиционным показателям TE, PTE и SE, ключевыми драйверами развития отрасли являются управление и инвестиции в персонал НИОКР. Более того, эффект масштаба оказывает более значительное влияние на низкую эффективность инноваций. Этот вывод предполагает, что основной причиной низкой эффективности инноваций китайских ИКТ-предприятий является отсутствие преимущества масштаба, обусловленного общим развитием отрасли.

В исследовании использовался индекс Мальмквиста для анализа изменений эффективности инноваций в компаниях, котирующихся на бирже класса А в ИКТ-индустрии, в разные периоды времени (таблица 2). Результаты показали, что китайские ИКТ-предприятия обладают сильным инновационным потенциалом, о чем свидетельствуют значения EC и TC, равные 1,119 и 1,046 соответственно, оба больше 1. Хотя среднее значение PTC составило 0,895, индекс изменения SE оставался выше 1 на протяжении всех периодов времени, что указывает на эффективность масштаба в китайской ИКТ-индустрии. Однако снижение PTC было отмечено как причина падения технической эффективности.

Низкое значение индекса можно объяснить главным образом ограниченным уровнем эффективности преобразования инноваций, отраженным в низком индексе TC. Результаты исследования, доступные по запросу у авторов в связи с ограничениями по объему журнала, показали, что только 20 компаний (18% от размера выборки) имели индекс Мальмквиста больше 1. Эти результаты свидетельствуют о том, что, несмотря на высокий уровень управления, китайские ИКТ-компании не в состоянии адекватно повысить эффективность инноваций за счет качества внутреннего персонала, и что потенциал роста отрасли сдерживается дефицитом высококвалифицированных кадров. Следовательно, низкая эффективность преобразования инноваций остается ключевым фактором, препятствующим развитию китайской ИКТ-индустрии, несмотря на широкое сотрудничество между промышленностью, академическими кругами и научными исследованиями.

В таблице 4 представлены результаты проверки значимости для l^2 и γ, демонстрирующие, что статистический шум (ошибка) и переменные окружающей среды влияют на анализ эффективности инноваций в выбранных компаниях ИКТ, котирующихся на бирже.

Таблица 4
Результаты анализа модели Тобита факторов, влияющих на эффективность инноваций в ИКТ-предприятиях.

Факторы влияния	Модель 1	Модель2	Модель 3
персонал отдела исследований и разработок	0.94E+89**	0.52E+11**	0.97E+34*
инвестиции в НИОКР	0.45E+16**	0.22E+88	0.63E+15*
аспирантура	0.14E+49**	0.25E+72**	0.08E+25
Субсидия	0.57E+55**	-0.12E+34*	-0.46E+44*
Налог	0.35E+94	1.66E+33	+0.65E+80
Защищать	0.73E+73***	0.96E+88**	-0.18E+32**
Заем	0.36E+16*	0.23E+11***	0.21E+22**
Инвестиции	0.75E+79***	0.43E+55**	0.99E+73**
VHtech	0.12E+76**	-1.32E+66*	0.82E+72*
Технологический трансфер	0.68E+35**	-0.25E+34**	0.67E+44**
Оцифровка	0.87E+58***	0.11E+00**	-0.83e+18

Факторы влияния	Модель 1	Модель2	Модель 3
Логарифмическая вероятность	81.64831532	22.58513643	63.53466492
Вальд хи2 (11)	68.36	53.19	47.38
Prob>chin2	0.0000	0.0000	0,0003

Примечание: *, **, *** обозначают уровни значимости 0,1, 0,05 и 0,001 соответственно.

Правительственный анализ коэффициентов регрессии выявил, что переменные, характеризующие дефицит государственных субсидий и корпоративных вложений в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), имеют положительные значения. При этом статистически значимой оказалась лишь та, что отражает нехватку расходов на НИОКР. Данный факт свидетельствует о том, что государственная поддержка снижает склонность компаний к риску и их креативный потенциал, ограничивая развитие собственных независимых творческих способностей.

Переменные, оценивающие доступ к инвестициям и кредитному резерву, показали отрицательные результаты регрессии, что подчеркивает позитивное воздействие финансовой среды на инновационную эффективность предприятий. Обеспечение доступа к капиталу выступает ключевым инструментом снижения барьеров для внедрения инноваций, а финансовые институты повышают результативность процессов, уменьшая затраты компаний на инновации и осуществляя контроль над действиями инновационных агентов.

Отрицательные значения коэффициентов регрессии как для избыточности входных ресурсов, так и для индекса защиты прав интеллектуальной собственности указывают на то, что рост избыточности ресурсов происходит при ослаблении защиты прав ИС. Исторически несовершенство китайской рыночной системы приводило к отсутствию эффективной защиты прав компаний (в частности, интеллектуальной собственности), что вызывало серьезные нарушения интересов иностранных инвесторов и снижало их готовность к инновационной деятельности.

Таким образом, развитие технологических рынков может помочь уменьшить избыточность ресурсов, выделяемых фирмами на инновационные разработки, и повысить качество их инноваций.

Таблица 5
Результаты регрессионного анализа SFA эффективности инноваций в выборке.

Пустая клетка	Расходы на НИОКР	Сотрудники отдела исследований и разработок	Степень
Постоянный член	4.68***(1.20)	4.17***(1.01)	3.68***(1.15)
Государственные субсидии	0,74**(0,36)	1.36(1.06)	0,75(1,33)
Налоговые льготы	2.36***(0.61)	-0.96(1.03)	-0.92(0.96)
Юридические права	-0.58***(0.11)	-1.67**(0.84)	-1.35***(0.24)
Получите кредит	-1.59**(0.69)	-1.32***(0.36)	-0.20(0.97)
Получите инвестиции	-2.56***(0.20)	-1.36***(0.42)	-2.19***(0.72)
Общая стоимость	-1.28**(0.64)	1.11***(0.39)	2.18***(0.68)
Передача технологий	-2.37***(0.36)	-1.32***(0.48)	-1.13***(0.41)
Цифровизация	-1.59**(0.60)	1.99**(0.98)	-1.79***(0.62)
Бревно	-402.39	-398.69	-542.09
LR	1.77***	2.03***	4.27***

Примечание: *, **, *** обозначают уровень значимости 0,1, 0,05 и 0,001 соответственно, а стандартное отклонение указано в скобках.

Таблица 6
Описательная статистика и интерпретация каждого показателя.

Переменная	Измерение	Образец	Мин	Макс	Иметь в виду	SD
Персонал отдела исследований и разработок	Сотрудники отдела исследований и разработок (%)	110	0,005	73.197	23.130	14.518
Инвестиции в НИОКР	Степень (%)	110	0,007	21.778	6.595	41.928
аспирантура	Расходы на НИОКР (%)	110	0,001	2.910	0,240	4.992
Субсидия	Размер государственной субсидии (млн юаней)	110	30.585	2233489.051	3828.779	21406.173
Налог	Коэффициент налогового вычета (%)	10	0	15	8.494	6.863
Защищать	Правовая защита (%)	10	1	5	3.647	1.328
Заем	Кредитный индекс (%)	10	15	60	36.584	41.256
Инвестиции	Инвестиционные индексы (%)	10	20	70	39.157	36.556
Value H-Tech	Общая стоимость высокотехнологичных отраслей (млн юаней)	10	604300000	1854060000	1205440000	1303.245
Передача технологий	Оборот от трансфера технологий (млн юаней)	10	22260000	176974000	80709450	4538.986
Оцифровка	Индекс цифровизации (%)	10	10.654	76.286	42.873	19.796

Интересно, что техническая эффективность и эффективность масштаба значительно улучшились после корректировки, в то время как чистая техническая эффективность показала тенденцию к снижению. Ранее инновационная деятельность китайских ИКТ-компаний, акции которых котируются на бирже, в основном определялась чистой технической эффективностью, отражающей уровень управления. Однако после корректировки техническая эффективность и эффективность масштаба стали все более важными факторами общей эффективности. Исключение переменных окружающей среды привело к значительному улучшению общей инновационной эффективности предприятий. Это подтверждает, что скорректированные значения каждого показателя эффективности точно отражают уровень инновационной эффективности зарегистрированных на бирже ИКТ-компаний. Более того, это демонстрирует важное влияние элементов деловой среды на инновационную деятельность фирм.

Поскольку Всемирный банк опирается в своих оценках на выборочные данные из Пекина и Шанхая, критерии анализа политической и инвестиционной среды формируются с учетом специфических показателей этих городов, что позволяет минимизировать статистические погрешности.

5. Выводы

Условия внешней среды существенно определяют успешность инновационной деятельности в сфере информационных и коммуникационных технологий, что подчеркивает ключевую значимость бизнес-климата для стратегий компаний. По мере улучшения делового ландшафта его роль в активизации корпоративных инноваций и технологического развития возрастает. При этом, несмотря на то что политическая сфера может способствовать такой оптимизации, ее воздействие не всегда носит положительный характер. Если ранее исследования концентрировались на улучшении отдельных аспектов деловой среды, то сегодня приоритет смещается в сторону выбора региональных инновационных подходов с учетом общей картины условий ведения бизнеса. В русле этой тенденции наше исследование рассматривает, как различные параметры деловой среды воздействуют на объем инвестиций компаний в инновации, формируя теоретическую базу для роста их эффективности.

Полученные результаты предлагают ценные ориентиры для совершенствования деловой среды и повышения инновационной отдачи предприятий. На государственном уровне целесообразно внедрять дифференцированные меры управления, обеспечивающие справедливое развитие инновационных полюсов для компаний разного уровня развития. Необходимо поддерживать предприятия с высоким инновационным потенциалом, но отстающие в динамике, а также помогать лидерам рынка совершенствовать свои механизмы инноваций. Выявление и развитие компаний-единорогов с инновационными возможностями способствует формированию сбалансированного инновационного градиента в ИКТ-секторе. Внедрение механизмов инновационного сотрудничества позволит использовать положительное влияние высокоразвитых компаний для стимулирования предприятий с низким уровнем развития.

Предприятия могут активно добиваться институциональных дивидендов, способствующих их развитию, путем совершенствования своей организационной структуры и операционных механизмов. Они могут развивать нишевые рынки и обеспечивать ключевую конкурентоспособность на этих рынках. Малые и средние предприятия могут повысить эффективность своих инноваций за счет сотрудничества с крупными предприятиями для совершенствования методов и технологий производства, тем самым повышая рыночную конкурентоспособность своей продукции. Повышение эффективности инноваций за счет обучения и повышения общего уровня квалификации персонала предприятий, особенно в области НИОКР ключевых ИКТ-специалистов и управленческого уровня профессиональных менеджеров, также способствует повышению эффективности инноваций. Крайне важно адаптировать инновационные стратегии к бизнес-среде и повысить эффективность коммерциализации инноваций.

Литература

1. Р. Алквист, Б. Р. Шабо, Р. Ямарти Цена прав собственности: институты, финансы и экономический рост. Журнал международной экономики, 137 (2022), статья 10359410.1016/j.jinteco.2022.103594
2. А. Амури, Г. Феста, СМР Шамс, Г. Сакка, М. Росси Технологические возможности, финансовые ограничения и предпринимательские лимиты в социальных бизнес-предприятиях молодых предпринимателей: тунисский опыт.
3. Технологическое прогнозирование и социальные изменения, 173 (2021), статья 12112610.1016/j.techfore.2021.121126
4. К. Анчиллаи, А. Сабатини, М. Гатти, А. Перна Цифровые технологии и инновации в бизнес-моделях: систематический обзор литературы и программа будущих исследований. Технологическое прогнозирование и социальные изменения, 188 (2023), статья 122307 10.1016/j.techfore.2022.122307
5. Т. Андреева, Т. Гаранина, Х. Саенс, Н. Арамбуру, А. Кианто Имеет ли значение национальная среда во взаимосвязи между интеллектуальным капиталом и инновационной деятельностью? Журнал деловых исследований, 136 (2021), стр. 263-27310.1016/j.jbusres.2021.07.038
6. П. Андриес, Б. Кларисс, С. Коста Привлечение внешних участников технологическими компаниями в поиск жизнеспособных рыночных приложений: о значимости технологического распространения и систематической валидации. Журнал венчурного бизнеса, 36 (6) (2021), статья 10614510.1016/j.jbusvent.2021.106145
7. Э. Боатенг, Ф.В. Агбола, А. Махмуд Нестабильность иностранной помощи и экономический рост в странах Африки к югу от Сахары: имеет ли значение качество институциональной среды? Экономическое моделирование, 96 (2021), стр. 111-12710.1016/j.econmod.2020.12.032
8. Т.П. Бётчер, Й. Векинг, А. Хейн, М. Бём, Х. Крцмар Пути к цифровым бизнес-моделям: взаимосвязь между восприятием и использованием информации в инновациях бизнес-моделей. Журнал стратегических информационных систем, 31 (4) (2022), статья 10174210.1016/j.jsis.2022.101742
9. К. Дж. Будро, Л. Б. Джеппесен, М. Мирич Получение прибыли от цифровых инноваций: патенты, авторское право и эффективность. Политика исследований, 51 (5) (2022), статья 10447710.1016/j.respol.2022.104477
10. Х. Чен, З. Тянь Экологическая неопределенность, координация ресурсов и цифровая трансформация: подход QCA на основе нечетких множеств.
11. Журнал деловых исследований, 139 (2022), стр. 184-193 10.1016/j.jbusres.2021.09.048
12. Х. Дай, Г. Чепмен Налоговые льготы на НИОКР и инновации: анализ роли разработки программ в Китае. Техновация, 113 (2022), статья 10241910.1016/j.technovation.2021.102419

The application of digitalization and innovative management in the ecosystems of large Chinese corporations: challenges and prospects

Zhou Yu, Zhao Yaxin

Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Vladivostok State University

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

The article examines the impact of the digital business environment on the variables that influence companies' innovation processes. It was found that digitalization leads to continuous optimization of the corporate environment, which increases the efficiency of innovation. One of the factors of the institutional environment, digitalization, increases the excessiveness of government subsidies for enterprises' investments in innovation. It also helps to eliminate duplication of investments in innovation by improving the financial environment and protecting rights. Digitalization not only reduces the level of innovation but is also negatively associated with the duplication of commercial investments in R&D. The authors' study combines the theory of the institutional environment and digital development to create a new empirical basis for corporate development in order to improve the efficiency of innovation.

Keywords: digitalization, investments, resources, economy, corporate development, investments, innovations, financial environment, digital development.

References

1 R. Alquist, B. R. Shabo, R. Yamarti. The Price of Property Rights: Institutions, Finance, and Economic Growth. Journal of International Economics, 137 (2022), article 10359410.1016/j.jinteco.2022.103594
2. A. Amouri, G. Festa, SMR Shams, G. Saccà, M. Rossi. Technological capabilities, financial constraints, and entrepreneurial limits in social business enterprises run by young entrepreneurs: the Tunisian experience.
3. Technological Forecasting and Social Change, 173 (2021), article 12112610.1016/j.techfore.2021.121126
4. C. Anzillai, A. Sabatini, M. Gatti, A. Perna. Digital Technologies and Innovations in Business Models: A Systematic Literature Review and a Research Agenda. Technological Forecasting and Social Change, 188 (2023), Article 122307, 10.1016/j.techfore.2022.122307
5. T. Andreeva, T. Garanina, J. Saenz, N. Aramburu, A. Kianto. Does the national environment matter in the relationship between intellectual capital and innovative activity? Journal of Business Research, 136 (2021), pp. 263–273. 10.1016/j.jbusres.2021.07.038
6. P. Andries, B. Clariss, S. Costa. Engaging External Participants by Technology Companies in the Search for Viable Market Applications: On the Significance of Technological Diffusion and Systematic Validation. Journal of Business Venturing, 36(6) (2021), article 10614510.1016/j.jbusvent.2021.106145
7. E. Boateng, F.V. Agbola, A. Mahmud. Instability of Foreign Aid and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: Does the Quality of the Institutional Environment Matter? Economic Modelling, 96 (2021), pp. 111–127. 10.1016/j.econmod.2020.12.032
8. T.P. Böttcher, J. Weking, A. Hein, M. Böhm, H. Krcmar. Paths to Digital Business Models: The Relationship Between the Perception and Use of Information in Business Model Innovation. Journal of Strategic Information Systems, 31(4) (2022), article 10174210.1016/j.jsis.2022.101742
9. K. J. Boudreau, L. B. Jeppesen, M. Miric. Profiting from Digital Innovation: Patents, Copyright, and Efficiency. Research Policy, 51(5) (2022), article 10447710.1016/j.respol.2022.104477
10 X. Chen, Z. Tian Environmental uncertainty, resource coordination, and digital transformation: a QCA approach based on fuzzy sets.
11. Journal of Business Research, 139 (2022), pp. 184–193, 10.1016/j.jbusres.2021.09.048
12. H. Dai, G. Chapman. Tax incentives for R&D and innovation: an analysis of the role of program development in China. Technovation, 113 (2022), article 10241910.1016/j.technovation.2021.102419

Применение логико-структурного модельного представления цифровой трансформации при анализе инструментов государственной инновационной политики

Эдер Александр Владимирович
кандидат технических наук, докторант кафедры комплаенса и контроллинга, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, alexander.eder@mail.ru

В статье рассматривается применение логико-структурного модельного представления цифровой трансформации хозяйствующих субъектов при анализе инструментов государственной инновационной политики. Обоснована необходимость учета структурной неоднородности хозяйствующих субъектов, к которым применяются одинаковые меры государственной поддержки. Показано, что функциональная направленность инструмента может соотноситься с пространственным состоянием хозяйствующего субъекта, его структурными ограничениями, типовой конфигурацией и потенциально совместимыми траекториями цифровых изменений. Систематизированы основные типы инструментов государственной инновационной политики и определены направления их анализа с использованием логико-структурного модельного представления. На условном примере двух групп хозяйствующих субъектов показаны различия структурных условий применения одной финансово-экономической меры. Научная новизна состоит в установлении аналитической связи между функциональной направленностью инструмента и структурными условиями цифровой трансформации.

Ключевые слова: государственная инновационная политика, цифровая трансформация, хозяйствующие субъекты, логико-структурное модельное представление, структурные условия, инструменты государственной поддержки, цифровые изменения, траектории цифровой трансформации.

Введение

Цифровая трансформация хозяйствующих субъектов (ХС) выходит за пределы внедрения отдельных цифровых технологий и связана с изменением способов организации деятельности, бизнес-процессов, управленческих механизмов и использования данных [1, 2]. Такие преобразования осуществляются под воздействием не только внутренних решений ХС, но и внешних условий инновационной деятельности. Связь цифровой трансформации с реализацией задач инновационной политики рассмотрена в предшествующих исследованиях [3]. Государственная инновационная политика формирует условия таких преобразований посредством инструментов стимулирования разработки, освоения и распространения инноваций [4, 5].

ХС существенно различаются по условиям осуществления инновационной деятельности. Исследование Л. М. Гохберга, Т. Е. Кузнецовой и В. А. Рудь показывает неоднородность инновационных режимов ХС, сохраняющуюся и внутри отдельных секторов экономики [6]. Аналогичная неоднородность проявляется при использовании цифровых технологий. По данным мониторинга НИУ ВШЭ, ХС сталкиваются с различными сочетаниями финансовых, технологических, кадровых и организационных ограничений цифровой трансформации [7]. В отраслевых исследованиях цифровое состояние предприятий также рассматривается как совокупность характеристик технологической инфраструктуры, управления данными и аналитикой, компетенций персонала и цифровизации бизнес-процессов [8]. Следовательно, при общей цели государственной инновационной политики исходные условия и возможности осуществления цифровых преобразований у ХС могут существенно различаться.

В исследованиях инновационной политики выбор конкретных инструментов связывается с характером решаемой проблемы и причинами, ограничивающими инновационную деятельность. Например, X. Cirera и соавторы разграничивают недостаток финансовых ресурсов и ограниченность возможностей ХС самостоятельно организовать инновационный процесс, что предполагает различия в требуемых инструментах воздействия [9]. S. Borrás и C. Edquist также исходят из проблемно-ориентированного выбора инструментов и подчёркивают необходимость их сочетания при наличии взаимосвязанных ограничений инновационной системы [5].

Данные подходы формируют основания для анализа назначения инструментов и их сочетаний, однако применительно к цифровой трансформации возникает дополнительная задача. Одна и та же мера государственной поддержки может применяться к ХС с различным состоянием цифровых систем, различной связностью процессов и различными механизмами управления. Поэтому совпадение программной задачи и функционального назначения инструмента ещё не означает совпадения структурных условий, в которых ХС осуществляют цифровые преобразования.

Проблема исследования состоит в том, что функциональная характеристика инструмента государственной инновационной политики сама по себе не показывает, в каких структурных условиях он применяется на уровне конкретного ХС. Предприятия могут различаться по состоянию цифровой архитектуры, связности бизнес-процессов и организации управления, а следовательно – по структурным ограничениям последующих цифровых изменений [6, 7]. Поэтому при анализе инструмента требуется учитывать не только его функциональную направленность, но и состояние цифровых условий ХС, существенное для осуществления поддерживаемых преобразований [5, 9].

Актуальность исследования определяется необходимостью дополнить анализ инструментов государственной инновационной политики учётом структурных условий цифровой трансформации объектов поддержки. Это позволяет рассматривать ХС не как однородную совокупность получателей одной меры, а с учётом различий их исходных цифровых состояний и ограничений, существенных для осуществления предполагаемых преобразований.

Для решения данной задачи используется логико-структурное модельное представление цифровой трансформации, позволяющее характеризовать цифровые условия хозяйствующего субъекта через соотношение архитектурного пространства, пространства процессной связности цифровых условий функционирования ХС и управленческого пространства, а также учитывать структурные ограничения, типовую конфигурацию и потенциально совместимые траектории цифровых изменений.

Цель исследования состоит в обосновании применения логико-структурного модельного представления цифровой трансформации для учёта структурных условий цифровых изменений ХС при анализе инструментов государственной инновационной политики.

Научная новизна исследования заключается в установлении аналитической связи между функциональной направленностью инструмента государственной инновационной политики и структурными условиями цифровой трансформации ХС, характеризуемыми пространственным состоянием,

структурными ограничениями, типовой конфигурацией и потенциально совместимыми траекториями. Это позволяет выявлять различия в условиях применения одной и той же меры государственной поддержки к ХС с неодинаковыми исходными цифровыми состояниями. При этом такое сопоставление не используется для оценки фактической результативности мер поддержки.

1. Логико-структурное представление цифровых условий хозяйствующих субъектов

Логико-структурное модельное представление цифровой трансформации ХС [10], используется для структурной интерпретации цифровых условий функционирования предприятия. Состояние ХС описывается в нём пространственным состоянием $S(X,Y,Z)$, образуемым сочетанием трёх характеристик: архитектурной сложности X, процессной связности Y и контура управления Z.

Архитектурное пространство X характеризует организацию цифровой архитектуры ХС. Фрагментарное состояние X_1 соответствует использованию отдельных, слабо связанных цифровых решений; интегрирующее X_2 – объединению информационных систем и данных; платформенное X_3 – использованию общих цифровых сервисов и компонентов, обеспечивающих масштабирование и повторное применение решений.

Пространство процессной связности цифровых условий функционирования Yхарактеризует степень взаимосвязанности цифровых взаимодействий. Локальная связность Y_1 ограничена отдельными функциями и участками деятельности; сквозная Y_2 охватывает взаимосвязанные процессы внутри ХС; экосистемная Y_3 распространяется на цифровое взаимодействие с внешними участниками.

Управленческое пространство Z отражает организацию принятия и реализации управленческих решений. Реактивное состояние Z_1 характеризуется реагированием на возникшие отклонения; регламентированное Z_2 – использованием формализованных процедур и установленных правил; адаптивное Z_3 – использованием данных и обратной связи для корректировки управленческих решений.

Сочетание значений X, Y и Z определяет пространственное состояние ХС. Его интерпретация позволяет установить, насколько согласованы цифровая архитектура, процессная связность и управление. Структурные ограничения отражают рассогласования цифровой архитектуры, процессной связности и управления, способные затруднять согласованное осуществление последующих цифровых изменений.

Каждое пространственное состояние получает логический статус в соответствии с установленными правилами сочетания X, Y и Z. Допустимые состояния соответствуют установленным правилам сочетания пространств. Квазидопустимые логически возможны, но требуют дополнительного анализа выявленных рассогласований. Недопустимые противоречат установленным правилам согласования пространств. Логический статус характеризует внутреннюю непротиворечивость состояния и не является оценкой уровня цифрового развития ХС.

Пространственные состояния объединяются в типовые конфигурации $C1-C6$ по характеру соотношения архитектурного, процессного и управленческого пространств. Конфигурация используется для аналитического сопоставления ХС со сходной структурой цифровых условий, однако не означает тождественности состава цифровых решений, ресурсов или фактически реализуемых изменений. Поэтому структурные ограничения определяются применительно к конкретному состоянию $S(X,Y,Z)$, а не только к его принадлежности к типовой конфигурации.

Потенциально совместимые траектории $T1-T6$ характеризуют возможные способы согласования последующих цифровых изменений: через приоритет архитектурных, процессных или управленческих преобразований, их параллельное осуществление либо избирательное устранение структурных ограничений. Для каждой типовой конфигурации определяется исходное множество потенциально совместимых траекторий, которое далее уточняется с учётом конкретного пространственного состояния и его структурных ограничений. Траектория при этом не является стадией цифровой трансформации и не задаёт обязательную последовательность действий ХС.

Такое представление позволяет использовать логико-структурное модельное представление цифровой трансформации при анализе инструментов государственной инновационной политики не как средство оценки или ранжирования ХС, а как способ характеристики структурных условий, в которых предполагается реализация поддерживаемых цифровых изменений.

2. Применение логико-структурного модельного представления при анализе инструментов государственной инновационной политики

2.1. Анализ условий применения инструментов политики

Исходным элементом анализа выступает инструмент государственной инновационной политики с установленным функциональным назначением. Финансовые инструменты изменяют условия ресурсного обеспечения проектов, научно-технологические – условия разработки и освоения технологий, кадровые – формирования необходимых компетенций, инфраструктурные – доступа к технологической и цифровой инфраструктуре. При этом сам инструмент не определяет состояние цифровых условий ХС и не задаёт способ осуществления цифровой трансформации.

Для учёта структурных различий ХС применение инструмента рассматривается совместно с результатами их диагностики. Для каждого объекта устанавливаются пространственное состояние $S(X,Y,Z)$, его логический статус, типовая конфигурация и структурные ограничения. Конфигурация позволяет установить характер соотношения архитектурного, процессного и управленческого пространств, тогда как анализ конкретного состояния уточняет ограничения, существенные для последующих цифровых изменений.

Такое разграничение имеет значение при анализе мер поддержки, поскольку одинаковый внешний ресурс может использоваться ХС в разных структурных условиях. Например, предоставление финансирования цифрового проекта расширяет ресурсные возможности предприятия, однако не устраняет автоматически несогласованность информационных систем, разрыв между цифровыми решениями и бизнес-процессами или ограничения управленческого контура. Аналогично предоставление доступа к технологической платформе не означает готовности внутренних процессов ХС к её использованию.

Потенциально совместимые траектории дополняют анализ характеристикой возможных способов согласования цифровых изменений. Их использование позволяет определить потенциально совместимые способы согласования архитектурных, процессных и управленческих изменений при данном исходном состоянии. При этом инструмент государственной инновационной политики не выбирает траекторию и не изменяет её исходное множество: он воздействует на ресурсные, организационные или институциональные условия практической реализации цифровых изменений.

Подобное разделение согласуется с проблемно-ориентированным подходом к инновационной политике, согласно которому выбор инструмента должен исходить из характера ограничения, препятствующего инновационной деятельности [5, 9]. В предлагаемом подходе данный принцип дополняется анализом внутреннего структурного состояния ХС. Это позволяет установить не только функцию внешнего воздействия, но и условия, в которых оно будет реализовано.

2.2. Функциональная направленность инструментов и возможности применения логико-структурного модельного представления

Инструменты государственной инновационной политики различаются по характеру создаваемых ими условий. Поэтому использование логико-структурного модельного представления не предполагает закрепления отдельного типа инструмента за определённой конфигурацией или траекторией цифровой трансформации. Один и тот же инструмент может применяться к ХС с различными пространственными состояниями, а сходное структурное ограничение может требовать учёта нескольких внешних условий.

В таблице 1 представлены основные типы инструментов государственной инновационной политики и содержание их анализа с использованием логико-структурного модельного представления.

Таблица 1

Применение логико-структурного модельного представления при анализе инструментов государственной инновационной политики

Тип инструмента	Функциональная направленность	Предмет анализа	Результат анализа
Программно-стратегические	Задание целей и приоритетов инновационного развития	Различия пространственных состояний и структурных ограничений ХС, на которые распространяется общая программная задача	Установление неоднородности структурных условий реализации единого программного ориентира
Финансово-экономические	Расширение ресурсных возможностей и формирование экономических стимулов	Структурные ограничения, способные влиять на осуществление цифровых изменений при расширении доступного финансирования	Выявление структурных ограничений, которые необходимо учитывать наряду с ресурсным обеспечением проекта
Научно-технологические	Создание, передача и освоение технологий и результатов НИОКР	Структурные условия встраивания технологического решения в цифровую архитектуру, процессы и управление ХС	Выявление изменений, необходимых для включения цифровой технологии в деятельность ХС
Кадровые	Формирование и развитие компетенций	Изменение функций и требований к персоналу при преобразовании процессов и механизмов управления	Определение компетенций, необходимых для осуществления предполагаемых цифровых изменений
Инфраструктурные и платформенные	Предоставление доступа к цифровой и технологической инфраструктуре	Состояние внутренних систем и процессов ХС, существенное для использования внешней инфраструктуры и платформ	Выявление внутренних преобразований, необходимых для подключения и устойчивого использования инфраструктурного решения

Тип инструмента	Функциональная направленность	Предмет анализа	Результат анализа
Институциональные и регуляторные	Установление правил и условий взаимодействия	Соответствие внутренних регламентов, информационного обмена и распределения ответственности внешним требованиям	Определение организационных и процессных изменений, необходимых для выполнения установленных правил

Источник: составлено автором.

Представленная в таблице 1 систематизация показывает, что логико-структурное модельное представление используется не для оценки эффективности инструмента и не для определения права ХС на получение поддержки. Его назначение состоит в выявлении структурных условий, существенных для реализации воздействия, предусмотренного соответствующим инструментом.

Так, финансовая мера может снять ограничение по доступности ресурсов, но её применение не обеспечивает само по себе интеграцию информационных систем или изменение бизнес-процессов. Научно-технологическая поддержка может предоставить предприятию новую разработку, однако возможность её использования зависит от состояния цифровой архитектуры и процессов. Инфраструктурный инструмент создаёт внешнюю среду взаимодействия, но его результативное использование требует соответствующих изменений на стороне ХС.

Поэтому анализ отдельного инструмента должен учитывать не только непосредственное условие, на изменение которого он направлен, но и связанные структурные ограничения ХС. Если осуществление предполагаемого цифрового изменения зависит одновременно от нескольких условий, возникает основание для рассмотрения сочетания инструментов. В данном случае необходимость дополнительной меры может обосновываться взаимозависимостью изменений, существенных для реализации общей задачи.

Такой подход соответствует представлению о сочетаниях инструментов инновационной политики как совокупности взаимосвязанных мер, согласованность которых имеет самостоятельное значение для достижения поставленных целей [11]. Применение логико-структурного модельного представления позволяет конкретизировать эту взаимосвязь на уровне ХС через анализ его пространственного состояния, структурных ограничений и потенциально совместимых способов согласования цифровых изменений.

3. Анализ применения меры поддержки к различающимся группам ХС

Применение предложенного подхода рассмотрим на условном примере двух групп ХС, для которых задана общая задача государственной инновационной политики – повышение производительности посредством цифровых изменений производственных процессов (рисунок 1). Группы различаются исходными цифровыми условиями функционирования, поэтому достижение одной цели предполагает различный состав взаимосвязанных преобразований.

Для первой группы характерны разобщённость информационных систем, локальная связность процессов и реактивное управление. В этих условиях повышение производительности требует не только внедрения отдельных цифровых решений, но прежде всего интеграции информационных систем, согласования связанных с ними бизнес-процессов и изменения управленческих процедур. Во второй группе информационные системы уже интегрированы, процессы имеют сквозные связи, а управление осуществляется по установленным регламентам. Ограничение связано с частичным использованием накопленных данных, поэтому последующие изменения смещаются в сторону развития аналитики и совершенствования процедур принятия решений.

Различия между группами становятся существенными при рассмотрении одного и того же инструмента государственной поддержки. Предположим, что для обеих групп рассматривается одна финансово-экономическая мера, предусматривающая финансирование цифровых проектов. Функция такой меры одинакова – расширение ресурсных возможностей ХС для осуществления цифровых изменений. Однако содержание проектов и условия использования предоставляемого финансирования будут различаться.

Для первой группы предметом анализа становятся структурные условия проекта, предполагающего интеграцию информационных систем совместно с изменением процессов, регламентов информационного взаимодействия и управленческих процедур. Само предоставление финансовых ресурсов не устраняет указанные структурные ограничения. Если проект ограничивается приобретением программного или аппаратного решения без соответствующего изменения процессов и управления, сохраняется риск локального внедрения, не обеспечивающего требуемой связности цифровых изменений.

Для второй группы исходное ограничение имеет иной характер. Интеграция систем и сквозная процессная связность уже сформированы, поэтому финансовая поддержка может быть направлена на развитие аналитических инструментов и средств работы с данными. При этом применение нового аналитического решения связано с изменением порядка использования информации при подготовке и принятии управленческих решений. Соответственно, предметом анализа становится не интеграция цифровой архитектуры как таковая, а связь развития аналитических средств с изменением процедур использования данных при принятии управленческих решений.

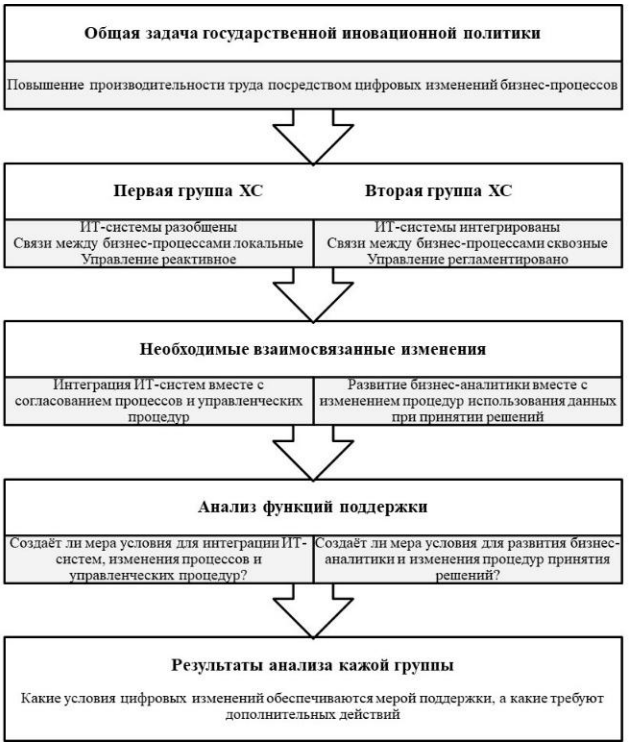


Рисунок 1 – Применение логико-структурного модельного представления при анализе условий реализации меры государственной поддержки для двух групп ХС (условный пример)
Источник: составлено автором.

Таким образом, одинаковая финансовая мера не приобретает различного функционального назначения для двух групп ХС, но реализуется в разных структурных условиях и связана с различным составом необходимых преобразований. Логико-структурное модельное представление позволяет выявить эти различия при анализе исходных цифровых условий ХС и тем самым разграничить функциональную направленность инструмента государственной инновационной политики и структурные условия его применения.

Аналогичным образом рассматриваются сопутствующие условия цифровых изменений. В первой группе технологическое сопровождение может быть связано с интеграцией систем, настройкой информационного обмена и перестройкой процессов. Во второй – с освоением методов аналитики, изменением состава используемых данных и процедур их включения в управленческий цикл. Содержание необходимых кадровых мер также может различаться: требуемые компетенции зависят от содержания предполагаемых изменений, а не только от принадлежности ХС к одной отрасли или участия в одной программе поддержки.

Такой анализ создаёт основание для рассмотрения сочетания инструментов государственной инновационной политики. Если финансовая мера обеспечивает ресурсные условия проекта, но осуществление необходимых цифровых изменений зависит также от технологических, кадровых или инфраструктурных условий, возникает основание для рассмотрения дополнительных инструментов. Сочетание мер в данном случае определяется взаимосвязью необходимых преобразований, а не формальным объединением нескольких видов поддержки. Подобная постановка согласуется с подходами, в которых при анализе сочетаний инструментов учитываются их согласованность и взаимное дополнение [5].

Результаты логико-структурного модельного представления при этом не позволяют определить размер требуемого финансирования, соответствие ХС формальным критериям конкретной программы или ожидаемый экономический эффект предоставленной поддержки. Эти характеристики устанавливаются по данным проекта, ресурсным возможностям предприятия и условиям соответствующего инструмента.

Предложенный подход, таким образом, используется для анализа структурных условий применения инструментов государственной инновационной политики, сохраняя разграничение между состоянием цифровых условий ХС, содержанием предполагаемых преобразований и фактическими результатами государственной поддержки.

Заключение

Проведённое исследование показало, что анализ инструментов государственной инновационной политики применительно к цифровой трансформации требует учитывать не только функциональное назначение мер поддержки, но и структурные условия их реализации на уровне хозяйствующих субъектов. Один и тот же инструмент может применяться к ХС, различающимся по состоянию цифровой архитектуры, связности бизнес-процессов, организации управления и характеру структурных ограничений. Поэтому совпадение целей поддержки не означает одинакового состава цифровых преобразований, необходимых предприятиям.

Использование логико-структурного модельного представления позволяет дополнить анализ инструмента характеристикой цифровых условий ХС. Пространственное состояние, структурные ограничения, типовая конфигурация и потенциально совместимые траектории дают возможность установить, какие особенности исходного состояния предприятия необходимо учитывать при реализации соответствующей меры. Тем самым функциональная направленность инструмента государственной инновационной политики соотносится с конкретными условиями осуществления цифровых изменений.

На условном примере двух групп ХС показано, что одинаковая финансово-экономическая мера при общей программной задаче может быть связана с различным содержанием поддерживаемых преобразований. Для одной группы существенными становятся интеграция информационных систем, изменение процессов и управленческих процедур, для другой – развитие аналитики и изменение порядка использования данных при принятии решений. Если реализация необходимых изменений зависит от условий, не обеспечиваемых одним инструментом, результаты анализа могут служить основанием для рассмотрения дополнительных мер поддержки.

Предлагаемый подход не предназначен для оценки результативности государственной политики, определения размера финансирования или выбора получателей поддержки. Его назначение состоит в учёте структурной неоднородности ХС при анализе условий реализации инструментов государственной инновационной политики. Оценка фактического воздействия мер поддержки требует самостоятельных эмпирических данных о реализованных проектах, использованных инструментах и достигнутых результатах.

Литература

1. Understanding digital transformation: A review and a research agenda / G. Vial // The Journal of Strategic Information Systems. – 2019. – Vol. 28. – No. 2. – P. 118-144. – DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
2. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef, T. Broekhuizen, Ya. Bart [et al.] // Journal of Business Research. – 2021. – Vol. 122. – P. 889-901. – DOI 10.1016/j.jbusres.2019.09.022. – EDN BUXXSM.
3. Эдер, А. В. Цифровая трансформация как инструмент реализации инновационной политики / А. В. Эдер, Ю. В. Рагулина // Мясная индустрия. – 2026. – № 2. – С. 38-43. – DOI 10.37861/2618-8252-2026-02-38-43. – EDN RVOUEL.
4. Innovation policy: what, why, and how / J. Edler, J. Fagerberg // Oxford Review of Economic Policy. – 2017. – Vol. 33. – No. 1. – P. 2-23. – DOI: 10.1093/oxrep/grx001.
5. The choice of innovation policy instruments / S. Borrás, C. Edquist // Technological Forecasting and Social Change. – 2013. – Vol. 80. – No. 8. – P. 1513-1522. – DOI: 10.1016/j.techfore.2013.03.002.
6. Гохберг, Л. М. Анализ инновационных режимов в российской экономике: методологические подходы и первые результаты / Л. М. Гохберг, Т. Е. Кузнецова, В. А. Рудь // Форсайт. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 18-30. – EDN NOOIWD.
7. Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры использования / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // Мониторинг цифровой трансформации бизнеса. – Вып. 1. – М.: НИУ ВШЭ. – 2024. – 16 с. – DOI: 10.17323/ISSEK_BDTM_1.
8. Цифровое профилирование растениеводческого предприятия / В. Н. Кузьмин, Н. П. Мишуров, О. А. Моторин [и др.] // Управление рисками в АПК. – 2022. – № 4(46). – С. 54-64. – DOI 10.53988/24136573-2022-04-06. – EDN DDSEDX.
9. A Practitioner's Guide to Innovation Policy: Instruments to Build Firm Capabilities and Accelerate Technological Catch-Up in Developing Countries / X. Cirera, J. Frías, J. Hill, Y. Li // World Bank. – Washington, DC. – 2020. – 348 p. – DOI: 10.1596/33269.
10. Эдер, А. В. Логико-структурная модель цифровой трансформации хозяйствующих субъектов / А. В. Эдер // Мясная индустрия. – 2026. – № 4. – С. 49-52. – DOI 10.37861/2618-8252-2026-04-49-52. – EDN UUOLMJ.
11. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis / K. S. Rogge, K. Reichardt // Research Policy. – 2016. – Vol. 45. – No 8. – P. 1620-1635. – DOI: 10.1016/j.respol.2016.04.004.

Application of a Logical-Structural Model Representation of Digital Transformation to the Analysis of State Innovation Policy Instruments

Eder A.V.

People's Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

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

The article examines the application of a logical-structural model representation of the digital transformation of business entities to the analysis of state innovation policy instruments. The need to account for the structural heterogeneity of business entities subject to the same public support measures is substantiated. It is shown that the functional orientation of an instrument can be related to the spatial state of a business entity, its structural constraints, typical configuration, and potentially compatible trajectories of digital change. The main types of state innovation policy instruments are systematized, and the directions of their analysis using the logical-structural model representation are defined. A conditional example involving two groups of business entities demonstrates differences in the structural conditions of applying the same financial and economic measure. The scientific novelty lies in establishing an analytical relationship between the functional orientation of an instrument and the structural conditions of digital transformation.

Keywords: state innovation policy, digital transformation, business entities, logical-structural model representation, structural conditions, public support instruments, digital transformation trajectories.

References

1. Understanding digital transformation: A review and a research agenda / G. Vial // The Journal of Strategic Information Systems. – 2019. – Vol. 28. – No. 2. – P. 118-144. – DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
2. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef, T. Broekhuizen, Ya. Bart [et al.] // Journal of Business Research. – 2021. – Vol. 122. – P. 889-901. – DOI 10.1016/j.jbusres.2019.09.022. – EDN BUXXSM.
3. Eder, A. V. Digital transformation as a tool for implementing innovation policy / A. V. Eder, Yu. V. Ragulina // Meat Industry. – 2026. – No. 2. – P. 38-43. – DOI 10.37861/2618-8252-2026-02-38-43. – EDN RVOUEL.
4. Innovation policy: what, why, and how / J. Edler, J. Fagerberg // Oxford Review of Economic Policy. – 2017. – Vol. 33. – No. 1. – P. 2-23. – DOI: 10.1093/oxrep/grx001.
5. The choice of innovation policy instruments / S. Borrás, C. Edquist // Technological Forecasting and Social Change. – 2013. – Vol. 80. – No. 8. – P. 1513–1522. – DOI: 10.1016/j.techfore.2013.03.002.
6. Gokhberg, L. M., Kuznetsova, T. E., & Rud, V. A. (2010). Analysis of innovation regimes in the Russian economy: Methodological approaches and initial results. *Foresight*, 4(3), 18–30. – EDN NOOIWD.
7. Abdrakhmanova, G. I., Zinina, T. S., Kiseleva, E. V., Nechaeva, E. G., Rudnik, P. B., & Frolov, M. S. (2024). Digital technologies in business: Practices and barriers to adoption. In *Monitoring the Digital Transformation of Business* (Issue 1). Moscow: HSE University. – 16 p. – DOI: 10.17323/ISSEK_BDTM_1.
8. Kuzmin, V. N., Mishurov, N. P., Motorin, O. A., et al. (2022). Digital profiling of a crop production enterprise. *Risk Management in the Agro-Industrial Complex*, 4(46), 54–64. – DOI: 10.53988/24136573-2022-04-06. – EDN DDSEDX.
9. Cirera, X., Frías, J., Hill, J., & Li, Y. (2020). *A Practitioner's Guide to Innovation Policy: Instruments to Build Firm Capabilities and Accelerate Technological Catch-Up in Developing Countries*. World Bank. – Washington, DC. – 2020. – 348 p. – DOI: 10.1596/33269.
10. Eder, A. V. A Logical-Structural Model of the Digital Transformation of Business Entities / A. V. Eder // Meat Industry. – 2026. – No. 4. – pp. 49–52. – DOI: 10.37861/2618-8252-2026-04-49-52. – EDN UUOLMJ.
11. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis / K. S. Rogge, K. Reichardt // Research Policy. – 2016. – Vol. 45. – No. 8. – pp. 1620–1635. – DOI: 10.1016/j.respol.2016.04.004.

Архитектура программных средств моделей инвестиционных проектов

Безручко Денис Сергеевич
кандидат экономических наук, доцент Высшей школы бизнес-инжиниринга, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, dbezru@mail.ru,

Ильин Игорь Васильевич
доктор экономических наук, профессор, директор Высшей школы бизнес-инжиниринга, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ivi2475@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы построения архитектуры программных средств для моделирования инвестиционных проектов, направленных на повышение качества принимаемых инвестиционных решений. Основное внимание уделено анализу требований к программным средствам, определению их ключевых компонентов и модулей, а также выбору оптимальных моделей и шаблонов проектирования. В качестве методологической основы используется ADL-модель, которая позволяет учитывать зависимость текущих значений от предыдущих, а также влияние внешних факторов с временными задержками. В работе подробно описаны требования к структуре модели, учет временных лагов, а также гибкость и масштабируемость. Особое внимание уделено вопросам качеству исходных данных, визуализации данных, а также методам анализа проектных рисков, таким как анализ чувствительности и сценарный анализ. В статье представлены формулы для расчета ключевых финансовых показателей, включая выручку, переменные затраты и балансовые показатели. Также рассматриваются матричные методы представления данных, которые упрощают моделирование сложных экономических систем. Авторы анализируют современные программные решения для инвестиционного анализа, включая табличные процессоры, специализированное программное обеспечение, онлайн-платформы и инструменты открытого доступа, и дают рекомендации по их выбору в зависимости от задач пользователя. Проанализированы тенденциях развития программных средств, таких как интеграция искусственного интеллекта, автоматизация сбора данных, облачные решения и углубленный риск-анализ. Статья будет полезна специалистам в области инвестиционного анализа, финансового моделирования и управления проектами, а также разработчикам программного обеспечения для экономических расчетов.

Ключевые слова: инвестиционный анализ, архитектура программных средств, ADL-модели, компьютерные модели проектов, экономическая эффективность.

Введение

Современные тенденции цифровизации экономики и управления существенно трансформируют процессы принятия инвестиционных решений. Автоматизация расчетов, использование больших данных и искусственного интеллекта позволяют не только ускорить анализ, но и повысить его точность, минимизируя влияние человеческого фактора. В этих условиях особую актуальность приобретает разработка эффективных программных средств для моделирования инвестиционных проектов, способных интегрировать сложные экономико-математические методы с удобными интерфейсами и инструментами визуализации, обеспечивающих гибкость, масштабируемость и надежность расчетов. Таким образом, автоматизация процесса подготовки инвестиционных решений является весьма актуальной задачей для профессиональной среды инвестиционных аналитиков как в корпоративном, так и в государственном секторе.

Обсуждение и результаты

Известно, что качественное программное обеспечение для инвестиционного моделирования является необходимым инструментом поддержки принятия стратегических решений [4]. Оно должно сочетать математическую точность, гибкость, удобство использования и надёжность, чтобы рассчитать необходимые параметры инвестиционного проекта, а также выявить и оценить проектные риски [12].

Как нами уже ранее было отмечено [3], моделирование инвестиционных проектов на концептуальном уровне осуществляется преимущественно с использованием ADL-моделей (Autoregressive Distributed Lag). Ряды данных ADL-модели группируются в соответствии с архитектурой модели на основе их функционального назначения. В таблице 1 приведены требования к алгоритмам обработки данных модели.

Таблица 1
Требования к данным и алгоритмам их обработки компьютерных моделей инвестиционных проектов

	Наименование	Содержание	Обоснование
1	Дискретность вычислений	Алгоритм компьютерной модели строится по модели авторегрессии и распределённого лага (ADL - модель). Текущие значения ряда зависят как от прошлых значений этого ряда, так и от текущих и прошлых значений других временных рядов	Возможность реализации взаимосвязи показателей простыми и проверяемыми формулами.
2	Двухмерность представления	Однородные временные ряды объединяются в двумерные массивы (таблицы)	Табличное представление данных удобно для восприятия пользователями на двухмерных мониторах и на листах бумаги (в распечатанном виде)
3	Совместимость	1. Первичные, вторичные и агрегированные данные формируются в соответствии с формами финансовой отчетности. 2. Обеспечение выполнения расчетов в общедоступном программном обеспечении	1. Возможность сравнения плановых показателей с фактическими значениями. 2. Возможность работы с моделью на большинстве ЭВМ без установки дополнительного ПО.
4	Полнота	Алгоритм модели обеспечивает расчет долгосрочной компоненты тренда, краткосрочной (сезонной) компоненты и случайной составляющей (белого шума)	1. Возможность более точного моделирования вторичных и агрегированных данных. 2. Возможность применять методы улучшения качества данных, а также методы количественного анализа проектных рисков

Учитывая указанные выше требования, получаем, что проще и логичнее всего реализовать модель инвестиционного проекта в табличном процессоре, например, MS Excel, на что также обратил внимание [13].

При построении архитектуры программных средств моделей инвестиционных проектов необходимо учесть следующие ключевые принципы (см. Таблицу 2).

Не менее важным аспектом архитектуры модели является выбор точек контроля и измерения производственного цикла. Критериями выбора точек контроля и измерения являются [8] значимость, измеримость и документальное оформление хозяйственных операций, подлежащих моделированию. Следовательно, модель должна учитывать только те данные, формирование которых осуществляется без дополнительных измерений или формирования дополнительной отчетности. Следующим фактором, влияющим на архитектуру программных средств для построения моделей, является их структура данных. (см. Рисунок 1).

Таблица 2

Ключевые принципы построения архитектуры программных средств моделей инвестиционных проектов

Наименование	Содержание
1. Требования к структуре модели	Модель должна включать авторегрессивную компоненту (AR) и компоненту с распределенными лагами (DL), что позволяет учитывать зависимость текущих значений от предыдущих и влияние внешних факторов с временными задержками.
2. Учет временных лагов	1. Лаги зависимой и независимых переменных должны выбираться на основе анализа автокорреляционных (ACF) и частичных автокорреляционных (PACF) функций. Для сезонных проектов необходимо включать лаги, кратные периоду сезонности (например, 12 месяцев для годового цикла) [1].
3. Интеграция с производственными и финансовыми циклами	1. Модель должна синхронизироваться с этапами проекта (например, лаги между инвестициями и выходом на мощность). 2. Для инфраструктурных проектов необходимо учитывать постепенное наращивание доходов [6].
4. Гибкость и масштабируемость	1. Архитектура должна позволять добавление новых переменных и адаптацию под изменения условий проекта. 2.Рекомендуется модульный подход для упрощения тестирования и корректировки [5].
5. Визуализация и отчетность	1. Результаты моделирования должны представляться в стандартизированных форматах (например, таблицы, графики) для удобства интерпретации [8]. 2. Дашборды и аналитические отчеты должны включать ключевые показатели эффективности (NPV, IRR) [7].
6. Качество данных	1. Данные должны быть стационарными (проверка тестом Дики-Фуллера), очищенными от выбросов и пропусков [10]. 2. Рекомендуется использовать методы верификации данных, такие как перекрестная проверка и логический контроль [11].
7. Критерии оптимальности модели	Для оценки оптимальности модели следует применять информационные критерии AIC (Akaike Information Criterion) и BIC (Bayesian Information Criterion) [11].
8. Проверка адекватности модели	1. Ошибки модели (ϵ_t) должны соответствовать свойствам [8]: Нулевое среднее: $E[\epsilon_t]=0$, Гомоскедастичность: $Var(\epsilon_t)=\sigma^2$, Отсутствие автокорреляции: $Cov(\epsilon_t,\epsilon_{t-k})=0$. 2. Тестирование ошибки модели на нормальность (Жарка-Бера) и автокорреляцию (Дарбина-Уотсона) обязательно [11].



Рисунок 1. Структура данных компьютерной модели инвестиционного проекта

Далее приведем некоторые формулы расчета временных рядов вторичных данных модели проекта, построенного методом трех отчетов.

1. Выручка (TR)

Формула для расчета выручки по каждому продукту и в целом по проекту:

$$TR_t = \sum_{i=1}^{n} \left(V_{i,t} \cdot P_{i,t} \right) \quad (1)$$

где:

$V_{i,t}$ — объем продаж продукта i в периоде t (натуральные единицы).

$P_{i,t}$ — цена продукта i в периоде t (без НДС).

n — количество продуктов.

2. Переменные затраты (VC)

Формула для расчета переменных затрат через технологические коэффициенты:

$$VC_t = \sum_{j=1}^{m} \left(Q_{j,t} \cdot C_{j,t} \right) \quad (2)$$

где:

$Q_{j,t}$ — количество сырья/материала j, потребленного в периоде t.

$C_{j,t}$ — стоимость единицы сырья/материала j в периоде t (без НДС).

m — количество видов сырья/материалов.

3. Универсальная формула временных рядов для балансовых показателей (любых)

$$Y_t = Y_{t-1} + X_t - Z_t \quad (3)$$

где:

Y_t — значение балансового показателя в периоде t.

Y_{t-1} — значение балансового показателя в предыдущем периоде t-1.

X_t — показатели рядов БДР или БДДС в периоде t, увеличивающие значение балансового показателя.

Z_t — показатели рядов БДР или БДДС в периоде t, уменьшающие значение балансового показателя.

Эти формулы позволяют построить динамическую экономико-математическую модель, учитывающую взаимосвязи между основными финансовыми и производственными показателями. В качестве ключевых показателей эффективности проекта мы используем NPV, IRR и сроки окупаемости, формулы которых основаны на денежном потоке и общеизвестны по таким классическим источникам, как [4].

Дальнейшее преобразование данных модели требует построения стандартной финансовой отчетности [7], представляющей агрегированные данные. Для ее построения использует метод трех отчетов, включающий в себя: отчет о прибылях и убытках (ОПУ), отчет о движении денежных средств (ОДДС), баланс. Для объединения данных трех основных финансовых отчетов средствами матричного исчисления предлагается следующая структура:

Зададим базовые определения. Пусть:

T - количество временных периодов,

n - количество показателей в ОПУ,

m - количество показателей в ОДДС,

k - количество показателей в балансе,

Далее создадим три основные матрицы:

1. Отчет о прибылях и убытках (ОПУ)

$P = (p_{ij})$, i=1,…n, j=1,..,T

Где $p_{i,j}$ - значение i-го показателя ОПУ в период j.

2. Отчет о движении денежных средств (ОДДС)

$C = (c_{ij})$, i=1,…m, j=1,..,T

Где $c_{i,j}$ - значение i-го показателя ОДДС в период j.

3. Баланс

$B = (b_{ij})$, i=1,…k, j=1,..,T

Где $b_{i,j}$ - значение i-го показателя баланса в период j.

Далее вводим взаимосвязи между показателями через матричные уравнения, в частности, связь ОДДС и баланса осуществляется через остатки различных активов и пассивов, например, остатки денежных средств:

$$d^T B_t = d^T B_{t-1} + f^T C_t \quad (4)$$

Где:

d - вектор выделения денежных средств в балансе,

f - вектор выделения изменения денежных средств в ОДДС.

Связь ОПУ и баланса осуществляется через чистую прибыль и величину собственного капитала:

$$c^T B_t = c^T B_{t-1} + p^T P_t \quad (5)$$

После создания комплексной матрицы F с тремя отчетами программное средство можно обучить проводить различные виды финансового анализа, а также вычислять ключевые показатели эффективности. При этом формулы финансового анализа в матричном виде представлены ниже:

1. Формулы горизонтального анализа:

$$\Delta F = [F_{:,2} - F_{:,1}, F_{:,3} - F_{:,2}, \ldots, F_{:,T} - F_{:,T-1}] \quad (6)$$

2. Формулы вертикального анализа (например, доля себестоимости в выручке):

$$V = \mathrm{diag}(P_{1,:})^{-1} P \quad (7)$$

Где $P_{1,:}$ - строка выручки.

3. Расчет финансовых коэффициентов:

$$ROA = r^T P / a^T B \quad (8)$$

Где a - вектор выделения суммарных активов.

Следующий блок программного средства модели инвестиционного проекта должен обеспечить автоматическое выполнение анализа проектных рис-

ков, в частности, анализ чувствительности и сценарный анализ. Если к обозначениям формулы ADL-модели применить матричный вид, то входные параметры (независимые переменные) имеют следующий вид:

$X \in R^{m \times T}$ - матрица входных параметров (m параметров × T периодов),

А матрица результирующих показателей:

$Y \in R^{n \times T}$ - матрица результирующих показателей (n показателей × T периодов)

В этом случае матрица чувствительности (якобиан) описывается матрицей частных производных:

$$J = \partial Y / \partial X \quad (9)$$

При этом матрица нормализованной чувствительности (эластичности) имеет следующий вид:

$$E = diag(Y_t)^{-1} \cdot J_t \cdot diag(X_t) \quad (10)$$

При выполнении сценарного анализа для k сценариев изменения входных параметров составит:

$$\Delta Y \approx J \cdot \Delta X \quad (11)$$

Эти матричные формулы позволяют проводить комплексный анализ чувствительности, выявляя ключевые драйверы финансовой модели и оценивая устойчивость результатов к изменениям входных параметров.

При использовании табличного процессора эти формулы реализуются путем ссылок на конкретные ячейки и связываются встроенными формулами табличного процессора. При этом данные обычно организуют следующим образом [2]: строки - временные ряды (периоды), столбцы – показатели, отдельные листы - разные категории данных

Качеству данных моделей проектов посвящено достаточное количество научных материалов [10], [3] и др., поэтому в данном исследовании нет необходимости подробно на этом останавливаться. Отметим, что при проектировании архитектуры программных средств для инвестиционного анализа целесообразно автоматически, на программном уровне, реализовать верификацию данных модели.

Поскольку пользователем программных средств моделей инвестиционных проектов является человек, программа должна структурировать информация и формировать графики и дашборды в удобном для восприятия графическом формате [5]. Повышение наглядности данных имеет цель упростить восприятие данных модели, а также облегчить нахождение ошибок. В таблице 3 приведен перечень данных модели, которые рекомендуется визуализировать с помощью UI.

Таблица 3
Данные для визуализации с использование графических средств

Наименование группы	Состав группы данных
1. Ключевые показатели эффективности	NPV (чистая приведенная стоимость), IRR (внутренняя норма доходности), Сроки окупаемости (PBP и DPBP), PI (индекс прибыльности)
2. Графики денежных потоков	Накопленный денежный поток по проекту, Разделение денежных потоков (операционные/ инвестиционные/ финансовые), Сравнение фактических и прогнозных потоков
3. Анализ чувствительности	Торнадо-диаграмма (чувствительность NPV к ключевым параметрам), Сценарный анализ (оптимистичный/ пессимистичный/ базовый сценарии), Тепловая карта влияния параметров
4. Динамика финансовых отчетов	Выручка и себестоимость (тренд и маржинальность), EBITDA и чистая прибыль, Структура затрат (постоянные/переменные), Движение денежных средств
5. Балансовые показатели	Структура активов (оборотные/внеоборотные), Соотношение собственного и заемного капитала, Динамика коэффициента финансового рычага
6. Операционные показатели	Загрузка производственных мощностей, Точка безубыточности (графическая интерпретация), Ключевые операционные коэффициенты
7. Сравнительные анализы	Сравнение показателей проекта с отраслевыми показателями, Сравнение альтернативных проектов, Анализ вклада продуктов/направлений
8. Дашборд управления ликвидностью	График покрытия долговых обязательств, Коэффициент текущей ликвидности, Прогноз кассовых разрывов

На основании проведенного анализа архитектуру программных средств моделирования инвестиционных проектов можно представить в виде следующей схемы, учитывающей основные функциональные блоки (см. Рисунок 2)

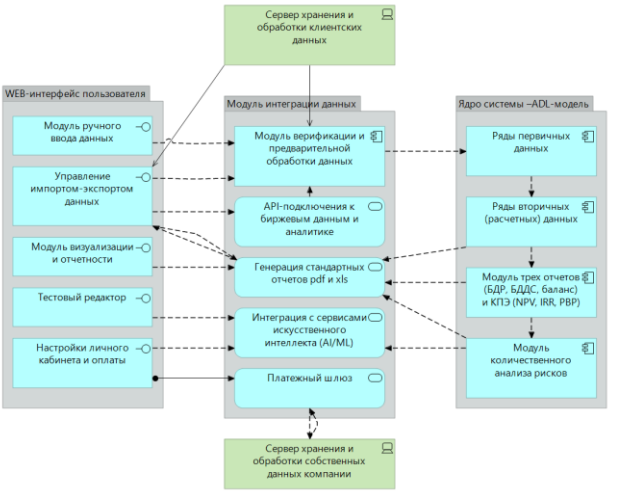


Рисунок 2. Архитектура программного средства для построения моделей инвестиционных проектов

Данная архитектура использована при создании конкретного программного продукта и имеет большой задел для дальнейшего развития.

В настоящее время на рынке присутствует несколько вариантов решений программных средств для инвестиционного анализа: на базе табличных процессоров, на базе open-source решений и на базе закрытых программных комплексов. Ниже приведен обзор по основным программам (см. Таблицу 4).

Таблица 4
Программные средства для моделирования инвестиционных проектов

Категория	Примеры	Преимущества	Недостатки
Табличные процессоры	Excel, Google Sheets	Гибкость, доступность	Риск ошибок
СпецПО для инвестиций	Alt-Invest, COMFAR	Готовые методики	Высокая цена
Онлайн-платформы	Upmetrics, LivePlan	Совместная работа	Ограниченный функционал
ERP-системы	SAP, 1C	Интеграция с учетом	Сложность внедрения
Risk-анализ	@RISK, Crystal Ball	Глубокий анализ рисков	Требует обучения
Open-source	Python/R/Julia	Бесплатно, кастомизируемо	Необходимы навыки кодирования

Учитывая вышесказанное, можем дать рекомендации по выбору программных средств для моделирования инвестиционных проектов:

Для стартапов целесообразно использовать онлайн-платформы (LivePlan) + Excel для детализации

Для промышленных проектов лучше подойдут решения Project Expert/Alt-Invest + @RISK для риск-анализа

Для международных инвесторов – COMFAR III + интеграция с SAP

Для аналитиков Big Data – Python/R + визуализация в Power BI

Также отметим тенденции развития программных средств для инвестиционного анализа на горизонте до 2030 года (см. Таблицу 5).

Таблица 5
Основные тенденции развития программных средств

Наименование	Содержание
Интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения [9]	GPT-интеграция (например, Excel + Copilot) для генерации формул и сценариев, Автоматическое выявление аномалий в cash flow (например, Aible), Использование нейросетевых алгоритмов для предсказания отраслевых коэффициентов, AI-анализ макроэкономических рисков, Использование семантического поиска данных по аналогичным проектам
Автоматизация сбора и верификации данных	Прямая интеграция с источниками, в том числе, подключение к биржевым данным (Bloomberg, Reuters), API-парсинг регуляторной отчетности (SEC, ЦБ РФ), Хеширование изменений в моделях (например, Quadency для трейдинга)
Внедрение облачных и коллаборативных решений	Одновременная работа над моделью (Figma-подобный интерфейс в Jirav), Версионность с ветвлением (Git-принципы в Cube), Внедрение low-code платформ (Drag-and-drop конструкторов сложных моделей (Mendix для финансов) и шаблонов под конкретные отрасли (например, ВИЭ в DnA от Deloitte))

Углубленный риск-анализ	Одновременный учет рыночных, операционных и политических рисков (RiskCloud), Геоаналитика рисков (интеграция с GIS), Использование квантовых вычислений (решение задач оптимизации портфеля (Qiskit Finance от IBM), моделирование кризисных сценариев за минуты)
Визуализация и интерактивные дашборды	VR-дашборды для погружения в данные (Universe от SAP), AR-отображение инфраструктурных проектов на карте, NLP-преобразование чисел в текстовые рекомендации (Arria NLG)
Повышение кибербезопасности финансовых моделей	Шифрование данных в Excel-моделях (Virtru), Биометрический доступ к чувствительным расчетам, Автоматическое маскирование финансовых показателей (Nightfall AI), Нанесение водяных меток на модели

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что основной тренд по развитию программных средств для моделирования инвестиционных проектов заключается во внедрении AI-аналитики, дополняющей человеческую экспертизу и снижающей трудоемкость процесса моделирования. Кроме этого, ведется работа по повышению уровня кибербезопасности в связи с активной интеграцией со сторонними системами.

Выводы

Архитектура программных средств для моделирования инвестиционных проектов должна основываться на принципах гибкости, масштабируемости и интеграции с современными технологиями. Использование ADL-моделей позволяет эффективно учитывать временные лаги и влияние внешних факторов, что повышает точность прогнозирования. Ключевые компоненты системы включают модули для обработки первичных и агрегированных данных, анализа рисков и визуализации результатов. Качество данных является критическим фактором успешного моделирования. Автоматизированная верификация, включая статистические тесты и логический контроль, минимизирует ошибки и повышает достоверность результатов.

Современные программные решения (табличные процессоры, специализированное ПО, open-source инструменты) обладают разными преимуществами, и их выбор зависит от задач пользователя. Интеграция с AI и облачными технологиями открывает новые возможности для автоматизации и коллаборации. Тенденции развития включают углубленное использование искусственного интеллекта, автоматизацию сбора данных и расширенные методы визуализации. Эти инновации способствуют повышению эффективности и безопасности инвестиционного анализа.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций по созданию и выбору программных средств, которые могут быть применены в корпоративном и государственном секторах для повышения качества инвестиционных решений. Таким образом, предложенная архитектура и методы моделирования обеспечивают надежную основу для поддержки управленческих решений в условиях цифровой трансформации экономики. Дальнейшие исследования могут быть направлены на адаптацию этих подходов к специфике различных отраслей и интеграцию с перспективными технологиями.

Литература

1. *Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.* Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. М.: Финансы и статистика, 2001. 226 с. ISBN 5-279-02419-8
2. *Безручко Д.С.* Построение вероятностной экономико-математической модели инвестиционного проекта с помощью метода Монте-Карло // Финансы и кредит. 2024. Т. 30. № 7. С. 1623–1640.
3. *Безручко Д.С.* Построение классификации экономико-математических моделей инвестиционных проектов // Modern Economy Success. 2025. № 1. С. 308–315. DOI: 10.58224/2500-3747-2025-1-308-315
4. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика: учеб. пособие. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Поли Принт Сервис, 2015. 1294 с. ISBN 978-5-904466-17-6
5. *Ильяшенко О.Ю., Ильин И.В., Лепехин А.А.* Инновационное развитие ИТ-архитектуры предприятия посредством внедрения системы бизнес-аналитики // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 8 (74). С. 59–66.
6. *Казаку Е.В., Зверева Е.В.* Оценка социально-экономической эффективности инвестиций в транспортное строительство с учетом неопределенности методом Монте-Карло // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12. № 5. С. 218–231. DOI: 10.18721/JE.12518
7. *Ковалев В.В.* Финансовый менеджмент: теория и практика. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2016. 1104 с.
8. *Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А.* Эконометрика. Начальный курс: учебник. 9-е изд., испр. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2021. 504 с. ISBN 978-5-85006-296-5
9. *Макарова О.Н., Мартыненко О.В., Полещук С.М., Шалыгина Е.В.* Использование технологий искусственного интеллекта в управлении организации // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2025. № 3. С. 66–75. DOI: 10.17586/2310-1172-2025-18-3-66-75
10. *Носко В.П.* Эконометрика. Кн. 1. Ч. 1, 2: учебник. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. 672 с. ISBN 978-5-7749-0654-3
11. *Носко В.П.* Эконометрика. Кн. 2. Ч. 3, 4: учебник. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. 576 с. ISBN 978-5-7749-0655-3
12. *Пищалкина И.Ю., Терешко Е.К., Сулоева С.Б.* Количественная оценка рисков инвестиционных проектов с применением цифровых технологий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 3. С. 125–137. DOI: 10.18721/JE.14310
13. *Тихомиров Д.В.* Финансовая модель инвестиционного проекта: возможности и ограничения стандартизации // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023. № 6 (144). Ч. 2. С. 7–15. EDN: AKCEUE

Architecture of software tools for investment project models

Bezruchko D.S., Ilyin I.V.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

This article examines the architecture of software tools for modeling investment projects, aimed at improving the quality of investment decisions. It focuses on analyzing software requirements, identifying their key components and modules, and selecting optimal models and design patterns. The ADL model is used as a methodological basis, allowing for the dependence of current values on previous ones, as well as the influence of external factors with time delays. The paper describes in detail the requirements for the model structure, accounting for time lags, as well as flexibility and scalability. Particular attention is paid to the quality of source data, data visualization, and project risk analysis methods, such as sensitivity analysis and scenario analysis. The article presents formulas for calculating key financial indicators, including revenue, variable costs, and balance sheet indicators. Matrix methods of data representation, which simplify the modeling of complex economic systems, are also considered. The authors analyze modern software solutions for investment analysis, including spreadsheets, specialized software, online platforms, and open-source tools, and provide recommendations for their selection depending on the user's needs. This article analyzes software development trends such as artificial intelligence integration, automated data collection, cloud solutions, and advanced risk analysis. This article will be useful for specialists in investment analysis, financial modeling, and project management, as well as for developers of software for economic calculations.

Keywords: investment analysis, software architecture, ADL models, computer models of projects, economic efficiency.

References

1. *Afanasiev V.N., Yuzbashev M.M.* Time series analysis and forecasting: textbook. Moscow: Finansy i statistika, 2001. 226 p. (In Russ.)
2. *Bezruchko D.S.* Construction of a probabilistic economic and mathematical model of an investment project using the Monte Carlo method // Finance and Credit. 2024. Vol. 30. No. 7. P. 1623–1640. (In Russ.)
3. *Bezruchko D.S.* Classification of economic and mathematical models of investment projects // Modern Economy Success. 2025. No. 1. P. 308–315. DOI: 10.58224/2500-3747-2025-1-308-315 (In Russ.)
4. *Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A.* Evaluation of the efficiency of investment projects. Theory and practice: textbook. 5th ed. Moscow: Poli Print Servis, 2015. 1294 p. (In Russ.)
5. *Ilyashenko O.Yu., Ilyin I.V., Lepekhin A.A.* Innovative development of enterprise IT architecture through the implementation of a business intelligence system // Science and Business: Ways of Development. 2017. No. 8 (74). P. 59–66. (In Russ.)
6. *Kazaku E.V., Zvereva E.V.* Assessment of the socio-economic efficiency of investments in transport construction under uncertainty by the Monte Carlo method // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2019. Vol. 12. No. 5. P. 218–231. DOI: 10.18721/JE.12518 (In Russ.)
7. *Kovalev V.V.* Financial management: theory and practice. 3rd ed. Moscow: Prospekt, 2016. 1104 p. (In Russ.)
8. *Magnus Ya.R., Katyshev P.K., Peresetsky A.A.* Econometrics. Introductory course: textbook. 9th ed. Moscow: Delo Publishing House, RANEPA, 2021. 504 p. (In Russ.)
9. *Makarova O.N., Martynenko O.V., Poleshchuk S.M., Shalygina E.V.* Use of artificial intelligence technologies in organizational management // Scientific Journal NRU ITMO. Series: Economics and Environmental Management. 2025. No. 3. P. 66–75. DOI: 10.17586/2310-1172-2025-18-3-66-75 (In Russ.)
10. *Nosko V.P.* Econometrics. Book 1. Parts 1, 2: textbook. Moscow: Delo Publishing House, RANEPA, 2011. 672 p. (In Russ.)
11. *Nosko V.P.* Econometrics. Book 2. Parts 3, 4: textbook. Moscow: Delo Publishing House, RANEPA, 2011. 576 p. (In Russ.)
12. *Pishchalkina I.Yu., Tereshko E.K., Suloeva S.B.* Quantitative assessment of investment project risks using digital technologies // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2021. Vol. 14. No. 3. P. 125–137. DOI: 10.18721/JE.14310 (In Russ.)
13. *Tikhomirov D.V.* Financial model of an investment project: possibilities and limitations for standardisation // Bulletin of Saint Petersburg State University of Economics. 2023. No. 6 (144). Part 2. P. 7–15. (In Russ.)

Двухкомпонентная модель оценки инвестиционного проекта

Дзигора Марина Юрьевна
куратор проекта, генеральный менеджер, GM, Лазурит Архыз Hotel & Spa5*, эксперт по классификации средств размещений 4-5* (N реестровой эк-01525), dzigma@gmail.com

В условиях высокой инфляции (около 8,26 % по данным ЦБ РФ) инвестиционные инновационные проекты становятся рискованнее, а рост стоимости финансовых ресурсов повышает издержки—особенно в проектах с длительным сроком окупаемости (например, в туристической отрасли).
Автор предлагает двухкомпонентную модель управления проектами, объединяющую метрики системы сбалансированных показателей (ССП/BSC) Нортона и Каплана и метрики NPS Ф.Райхельда. Её применение повысило экономическую эффективность проектной деятельности на 34 %: вклад NPS составил 9 %, ССП -25%. Модель позволила сформировать новые оценочные метрики, сочетающие показатели инвестиционной чувствительности с клиентской лояльностью, и перейти от этапного к процессному подходу в управлении.
Актуальность исследования связана с необходимостью совершенствования методов оценки и управления инновационными и инвестиционными проектами: традиционные методы не в полной мере отвечают современным вызовам. В работе сочетаются классические критерии (NPV, IRR, DPP) с современными показателями успешности проектов (NPS, EGR, ENC) и процессным подходом по модели BSC.
Цель работы-совершенствовать реализацию инвестиционных проектов на основе двухкомпонентной модели оценки и управления инвестициями.
Ключевые слова: управление проектами, инвестиционная привлекательность, бизнес-процессы, финансовая эффективность, NPV, DPP, IRR, NPS, EGR, ENC, ССП, BSC.

Результаты исследования и их обсуждение

Модель Нортона и Каплана Сбалансированная система показателей ССП (англ. — Balanced Scorecard, BSC) является инструментом стратегического планирования и управления организацией. Авторы предложили рассматривать стратегию организации с четырех, по их мнению, перспектив, а также с учетом финансовых и нефинансовых показателей [1]. Это многоуровневый и многоцелевой инструмент менеджмента, позволяющий отслеживать достижение целей в рамках стратегии компании. В 90-е годы прошлого профессор бизнес-школы при Гарвардском университете Роберт Каплан (Robert Kaplan) и американский консультант по вопросам управления Дэвид Нортон (David Norton) предложили научному и практическому сообществу инструмент стратегического управления результативностью компании и частично стандартизированную систему отчетности [2]. Цели ССП – постановка стратегических целей, задание количественных показателей на различных уровнях начиная с корпоративных и заканчивая индивидуальными, конвертация этих показателей в метрики по достижению целей и задач в зависимости от вклада всех участников функционирования, сравнение их с и корректировка по результатам достижения [3]. Целеполагание по срокам, KPI, формированию зон ответственности по бизнес-процессам среди должностных лиц и по процедурам между исполнителями выстраивает иерархию по достижению целей [1].

Модель нашла свое применение, когда традиционные методы управления оказались не очень приемлемыми, особенно что касается методов финансового учета. Сбалансированная система показателей ССП (англ. — Balanced Scorecard, BSC) измеряет результаты деятельности предприятия по четырем важным направлениям: финансам, внутренним бизнес-процессам, обучению и росту персонала и потребителям. Формулирование видения и стратегии относится ко всем этим элементам, включает в себя связывает цели организации в одну систему: стратегические инициативы, проекты, которые способствуют достижению целей [4].

Система сбалансированных показателей

Финансовая перспектива затрагивает отношения с собственниками в контексте возможности добиться нами финансовых успехов. Для этого сотрудникам необходима точная и достоверная финансовая информация. Здесь важно рассчитывать показатели: прибыль на инвестированный капитал (ROI) и экономическая добавленная стоимость (EVA).

Потребительская перспектива предлагает взглянуть на взаимоотношения с потребителями для реализации видения организации. Важным критерием эффективности работы является качество обслуживания клиентов и их доля, а также степень удовлетворенности, коэффициент удержания, доля рынка, прибыльность, практика возврата продукции, работа по обработке жалоб и предложений.

Перспектива внутренних бизнес-процессов поднимает вопрос о том какие наши бизнес-процессы должны быть улучшены, чтобы мы могли удовлетворить собственников и клиентов. Здесь необходимо обратить внимание на эффективность операций основных и вспомогательных, качественные показатели деятельности, время ответа на запросы, затраты организации, инновациям, периода безубыточности, соотношению новой и уже продаваемой продукции.

Перспектива обучения и роста задается вопросом о сохранении сотрудниками способности к изменениям и улучшениям для реализации видения организации. Эта перспектива позволяет судить насколько руководители предприятия умело управляют человеческими ресурсами и знаниями, насколько эффективно функционирует система внедрения инноваций. Для этого используют критерии: степень удовлетворенности персонала, величина доходов на одного работника, степени избыточности профессиональных навыков и умений с точки зрения стратегических целей организации и число новых предложений в расчете на одного сотрудника [5].

Однако логика выполнения задач по перспективам на практике выглядит несколько иначе. При установлении очередности выполнения задач менеджеры руководствуются следующим правилом: что мы должны сделать для нашего персонала с точки зрения обучения, с тем чтобы улучшить бизнес-процессы внутри организации, для того чтобы повысить привлекательность для клиентов, и в конечном итоге улучшить финансовые показатели для собственников бизнеса.

Модель NPS Ф.Райхельда фокусируется на необходимости взаимодействия и налаживания длительных клиентских связей, которые приводят к увеличению повторных покупок и привлечению новых клиентов по «сарафанному радио». Встраивание системы показателей NPS в модель ССП позволит оценить вклад клиентопотока в увеличение выручки, доходности и снижение сроков окупаемости проекта и, таким образом, объективизировать его эффективность. Поскольку инвестиционная деятельность, особенно в инновационной сфере, сопровождается рисками со стороны не только инвесторов, но и исполнителей проекта, на этапе принятия решения об инвестировании необходимо максимально широко проанализировать инвестиционный потенциал.

Предлагаемая автором двухкомпонентная модель на основе Системы сбалансированных показателей Нортона и Каплана (BSC) и системы Ф. Рай-

хельда (NPS) в управлении инновационным инвестиционным проектом в системе показателей сочетает не только жесткие финансовые метрики NPV, IRR, DPP, но и мягкие данные по созданию и удержанию клиентской лояльности NPS, ENC, EGR, а также заменяет традиционный поэтапный подход в управлении проектом на процессный. Методика связывает показатели финансовой устойчивости проекта с перспективой бизнес-процессов. Внедрение системы NPS в организации, осуществляющей проектную деятельность, способствует формированию клиентской экосистемы, то есть, дважды изменяет бизнес-процессы, направленные на клиентов. Первый раз это происходит при добавлении в финансовые показатели группы метрик лояльности, обращенных к потребителям, и второй раз, при обучении сотрудников совершенствованию клиентоориентированных бизнес-процессов.

Результаты

Традиционно при оценке инвестиционных проектов применяются показатели инвестиционной чувствительности, такие как IRR, NPV, DPP, WACC. Однако, в последнее время в фокус внимания инвесторов попали также показатели, связанные с клиенткой лояльностью. В зарубежных странах обратили внимание на применение моделей создания экосистем лояльности клиентов. В основе большинства их них была положена модель Ф.Райхельда. Она позволила организациям, которые успешно внедрили ее в свою инвестиционную деятельность, достичь более эффективных экономических результатов по сравнению с другими организациям [1].

В российской практике произошли аналогичные изменения. Опыт иностранных предприятий продемонстрировал необходимость внедрения в функциональную деятельность системы NPS, что было выполнено, несмотря на отсутствие у отечественных предприятий достаточного доступа к денежным ресурсам в силу их дороговизны [2].

Подобные тенденции в мировой и российской практике стали основой построения авторской модели оценки инвестиционного проекта (ИП), сочетающей в себе традиционные финансовые показатели с маркетинговыми метриками лояльности клиентов. Последние напрямую влияют на финансовые и тем самым повышают эффективность проектной деятельности. В разработанной модели в ряду финансовых включаются показатели IRR, NPV, DPP, WACC, а для метрик лояльности предлагается использовать NPS, EGR, ENC.

В основе применения NPS лежит доказанная корреляция между лояльностью клиентов и ростом выручки: как показывают исследования, рост индекса NPS на 10 пунктов позволяет увеличить доходы от дополнительных продаж (upsell) на 3,2%, а промоутеры в 4,2 раза чаще продлевают подписки по сравнению с нейтральными клиентами. Более того, для целей инвестиционного анализа ключевое значение имеет не сам NPS, а производный показатель EGR (Earned Growth Rate — темп заработанного роста), который переводит «сарафанное радио» в конкретные денежные потоки, позволяя обоснованно закладывать в модель DCF темпы роста выше рыночных за счет бесплатного привлечения клиентов.

Считается, что финансовые показатели являются запаздывающими индикаторами инвестиционных проектов, в то время как параметры маркетинговой деятельности, напротив, опережающими. Ориентир на запаздывающие показатели проектной деятельности приводит в определенной степени к искажению объективной картины осуществления проекта, так как показатели формируются по результатам итоговой бухгалтерской отчетности [6]. В то же время, опережающие показатели дают более своевременную оценку и тренд проекта, потому что многие из них встроены в систему управления клиентами – CRM [3].

Помимо сочетания моделей ССП и NPS мы предлагаем применение процессного подхода к системе управления инновационной проектной деятельностью. Рассмотрим данную идею на примере реализации проектов в строительной отрасли. Согласно докумене «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений» модель, которая апробирована на практике состоит из трех этапов [9].

Первый этап - определение цели инвестирования, назначения и мощности объекта строительства, номенклатуры продукции, места (района) размещения объекта с учетом принципиальных требований и условий заказчика (инвестора). На данном этапе заказчик (инвестор) проводит оценку возможностей инвестирования и достижения намечаемых технико-экономических показателей на основе необходимых исследований и проработок об источниках финансирования, условиях и средствах реализации поставленной цели с использованием максимально возможной информационной базы данных. С учетом принятых решений заказчик представляет, в установленном порядке, ходатайство (декларацию) о намерениях. После получения положительного решения местного органа исполнительной власти он приступает к разработке обоснований инвестиций в строительство.

Второй этап - разработка обоснований инвестиций в строительство на базе полученной информации, требований государственных органов и заинтересованных организаций в объеме, достаточном для принятия заказчиком (инвестором) решения о целесообразности дальнейшего инвестирования, получение от соответствующего органа исполнительной власти предварительного согласования места размещения объекта (акта выбора участка) и о разработке проектной документации.

Третий этап - разработка, согласование, экспертиза и утверждение проектной документации, получение на ее основе решения об изъятии земельного участка под строительство [6].

Представленный подход, согласно инструкции, во-первых, не учитывает все этапы проектного решения, именно сам этап строительства, а только подготовку; во-вторых, не детализирует количественные и качественные показатели выполнения проекта; в-третьих, не дает четкого понимания о порядке проведения государственных экспертиз проекта. Его применение в частности в сфере формирования гостиничной инфраструктуры нередко приводило к получению объектом строительства более низкой бальной оценки и соответственно меньшему количеству «звезд», что влекло за собой снижение показателя ADR — (средняя цена за проданный номер в сутки. Он показывает, сколько в среднем платит гость за одну ночь размещения), как минимум на 25-30% и соответственно значительному уменьшению прогнозного денежного потока по выручке. А с учетом того, что экспертиза проводилась на последнем этапе проекта, у владельцев бизнеса, практически не оставалось инструментов по исправлению ситуации.

Исходя из этого, было предложено конкретизировать этапы проекта, изменить их последовательность, логически обосновать увеличение их количества и более подробно описать содержательную часть каждого из этапов. Ниже представлен шестиэтапный подход к выполнению проекта.

Первый этап – сбор требований и инициация проекта. Локация выбрана. Произведен первичный анализ конкурентов. Заказчик передает описание задачи, цели бизнеса и ожидаемые результаты и инициация.

Второй этап – анализ и оценка. Команда проекта изучает ресурсы по ключевым финансовым показателям KPI инвестиций/вложений, показывающих общую рентабельность ROI (общую окупаемость инвестиций, ROE (доходность собственного капитала организации), ROMI (коэффициент рентабельности маркетинговых инвестиций), эффективность EBITDA (прибыль компании от основной деятельности до вычета налогов, процентов по кредитам и амортизации), OPEX (операционные расходы, или текущие затраты, которые компания несёт для обеспечения своей ежедневной деятельности), Revenue (общая сумма денег, которую компания получает от продажи товаров, работ или услуг за определённый период), FCF (финансовый показатель, который отражает свободный денежный поток компании, то есть деньги, остающиеся у неё после уплаты всех операционных расходов, налогов, процентов и осуществления капитальных затрат (CapEx) — инвестиций в основные средства и нематериальные активы), GOP (ключевой финансовый показатель, особенно в гостиничном бизнесе, показывает прибыль от основной деятельности до учёта налогов, процентов по кредитам и амортизации), Net Profit (сумма денег, которая остается после того, как компания вычитает все свои расходы, включая операционные затраты, налоги, проценты и другие финансовые обязательства, из своего общего дохода за определенный период).

Третий этап – согласование. Утверждение сметы, графика и подписание договора (или внутреннего соглашения).

Четвертый этап – установочная встреча. Официальный старт, команда знакомится с заказчиком, распределяются роли и зоны ответственности.

Пятый этап – настройка рабочей среды. Создание задач по принципу календарного планирования. Получение возможности читать, копировать, и использовать ресурсы без барьерных ограничений или с настройкой ролей команды.

Шестой этап – старт исполнения проектно-строительных работ. Сопровождение проекта руководителем проекта.

Обновленный подход в частности акцентирует проблему категорирования объектов строительства в сфере гостиничного бизнеса. Его отличием является проведение экспертизы в рамках шестого этапа в отличие от большинства экспертиз, проводимых согласно Постановлению Правительства РФ от 27 декабря 2024 г. N 1951 «Об утверждении положения о классификации средств размещения» []. В случае изменения порядка выполнения этапов и проведения экспертизы на предварительной стадии строительства инвестор снижает риски присвоения объекту строительства более низкой категории.

Вынесение этапа категорирования объекта строительства на более ранюю стадию предпроектной подготовки не отменяет возможности сохранить и повторную экспертизу по завершению строительства для подтверждения присвоенного уровня.

В рамках шестиэтапного подхода устанавливаются типы средств размещения, подлежащих классификации, и требования к ним, категории отдельных типов средств размещения и требования к ним. Проведение категорирования средств размещения приводит к получению ими определенного количества «звезд» по системе Положения, и соответственно возможности прогнозировать стоимость одного номера за сутки ADR для клиентов. Прогнозирование стоимости проживания на предварительном этапе важно для получения расчетов денежного потока при оценке финансовых показателей проекта (NPV, DPP, PI). Предложенные инициативы вполне обоснованы, поскольку направлены на удовлетворение запросов потребителя и соответствуют действующим нормативным актам. Таким образом, главными целями классификации средств размещения являются забота о потребителях, состоящей в предоставление потребителям необходимой и достоверной информации о классификации средств размещения и о соответствии отдельных типов средств размещения установленным требованиям к категориям, предусмотренным настоящим Положением. Работа над повышением конкурентоспособности услуг средств размещения и их привлекательности,

направленное на увеличение туристского потока и развитие внутреннего и внешнего туризма, за счет укрепления доверия потребителей к классификации средств размещения. [8]

Тем не менее, такой детализированный подход к этапам подготовки проекта и проведение экспертизы по категорированию средств размещения не содержит все аспекты проектной деятельности, так как рассматривает только предварительный этап без непосредственной стадии исполнения. За скобками подхода остается сама реализация проекта с его сложностями и деталями, не прогнозируются клиентские показатели лояльности, которые косвенно влияют на эффективность финансовых показателей инвестиционной составляющей.

В работе предлагается интегративный подход, совмещающий предварительную подготовку с непосредственной реализацией проекта. В теории управления описаны следующие этапы последовательной реализации проекта:

Анализ ситуации до проекта;

Формулирование целей и концепции проекта;

Ревизия и мобилизация ресурсов проекта;

Осуществление проекта, разработка методов достижения целей по управлению проектами;

Осуществление скрининга и мониторинга проекта;

Перепланирование или завершение работ проекта [9].

На наш взгляд, встраивание модели ССП в реализацию проекта позволит систематически выявлять, развивать и оценивать эффективность исполнения процедур для обеспечения связи между основными и вспомогательными процессами, получать результаты в инновациях, финансовых и маркетинговых показателях, образовательных метриках. Ниже приведена часть модели исполнения проекта с описанием перспектив финансовых и клиентских, и соответственно процессов и процедур.

Элемент модели управления проектом по системе Нортона и Каплана.

Цель: систематически выявлять, развивать и оценивать эффективность исполнения процедур для обеспечения связь между основными и вспомогательными процессами, получать результаты в инновациях, финансовых и маркетинговых показателях, образовательных метриках.

Результат: интегрированная система KPI по перспективам, регламентированные процедуры оценки риска и окупаемости, оперативная адаптация стратегий.

- Финансовая перспектива
- Клиентская перспектива (маркетинг / клиенты)

Процессы и процедуры по каждой перспективе

А. Финансовая перспектива

Процесс 1: Прогнозирование финансовых эффектов

Процедура 1.1: Моделирование денежных потоков с расчётом NPV по прогнозируемым CF_t, формирование финансовой модели: прогноз доходов (RevPAR, загрузка), операционных расходов, капитальных затрат (CAPEX), расчет IRR и сравнивают с WACC: если IRR > WACC — проект экономически оправдан. DPP-дисконтированный срок окупаемости проекта.

Процедура 1.2: Проведение PEST/чувствительных сценариев (лучший/базовый/плохой)

Процесс 2: Управление инвестициями и риск менеджмент

Процедура 2.1: Ранжирование проектов по финансовым ROI - коэффициент рентабельности, который позволяет оценить, насколько прибыльными или убыточными были вложения в проект. Он показывает, сколько прибыли (или убытков) получено в результате сделанных вложений и стратегическим эффектам

Процедура 2.2: Управление портфелем проектов (приоритизация, ресурсное планирование) Проведение экспертизы с целью установления типов средств размещения, подлежащих классификации, и требования к ним, категории отдельных типов средств размещения и требования к ним. Проведение категорирования средств размещения приводит к получению ими определенного количества «звезд» по системе и возможности формирования прогнозной цены размещения.

Процедура 2.3: Мониторинг отклонений CF – денежный поток, корректирующие действия

Процесс 3: Управление доходами нематериальных активов

Процедура 3.1: Оценка вклада бренда, лояльности и цифровых сервисов в выручку

Процедура 3.2: Внедрение методик капитализации/амортизации нематериальных активов

Процедура 3.3: Расчёт PPC это аббревиатура от английского Pay Per Click, что переводится как «оплата за клик». Это модель интернет-рекламы, при которой рекламодатель платит не за показы объявления, а только за каждый переход (клик) пользователя на целевую страницу (сайт, карточку товара). ROI от цифровых сервисов и ESG инициатив

В. Клиентская перспектива (Маркетинг и сервис)

Процесс 1: Анализ клиентских сегментов и ценностного предложения

Процедура 1.1: Сегментация гостей по RFM (это метод сегментации клиентской базы по трём ключевым параметрам: давности последней покупки (Recency), частоте покупок (Frequency) и сумме расходов (Monetary). На основе этих критериев клиентов делят на группы, чтобы разработать индивидуальные стратегии взаимодействия, повысить лояльность, оптимизировать рекламные бюджеты и повысить эффективность маркетинга)

Процедура 1.2: Формирование ценностного предложения и позиционирования бренда

Процесс 2: Метрики привлечения и удержания

Процедура 2.1: внедрение NPS, расчёт EGR, ENC и LTV по сегментам

Процедура 2.2: мониторинг NPS систем

Процедура 2.3: анализ удержания, повторных визитов и кросс продаж

Процесс 3: Управление цифровыми сервисами и опытом гостя

Процедура 3.1: Внедрение онлайн броней, персонализации и мобильного приложения

Процедура 3.2: Сбор и анализ данных гостя, улучшение путей клиента

Приведенная модель полностью учитывает все особенности проектной деятельности, а также методологически меняет подход к проведению экспертизы по установлению типов средств размещения, подлежащих классификации, и требования к ним, категорированию отдельных типов средств размещения и требования к ним. Вместо проведения ее на шестом этапе, при этапном рассмотрении проекта, участники проекта вместе с владельцами бизнеса заранее на ранних стадиях проектной деятельности имеют возможность получить данные:

- типе средства размещения (гостиница; санаторий; база отдыха, кемпинг).
- категории средства размещения
- требований к типам средств размещения
- бальной оценки
- требованиям к номерам
- прогнозного расчета по ADR
- формированию прогнозных показателей по финансовому исполнению проекта.

Обращаем внимание что, клиентская перспектива (Маркетинг и сервис) включает в себя три процесса - анализ клиентских сегментов и ценностного предложения, метрики привлечения и удержания, управление цифровыми сервисами и опытом гостя. Первый процесс - анализ клиентских сегментов и ценностного предложения состоит из процедур сегментации клиентов и формирования ценностного предложения и позиционирования бренда. Подобным образом подробно расписаны все перспективы, процессы и процедуры, а также инициировано получение защитных документов авторского права на данную разработку.

Созданная модель полностью учитывает все особенности проектной деятельности, а также методологически меняет подход к проведению экспертизы по установлению типов средств размещения, подлежащих классификации, и требования к ним, категорированию отдельных типов средств размещения и требования к ним.

В настоящее время оценка эффективности инвестиционного проекта регламентирована «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция, исправленная и дополненная)» (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. N ВК 477). Согласно разделу 2.3 Общая схема оценки эффективности: «Оценка эффективности ИП (инвестиционного проекта) должна осуществляться на стадиях: как - разработки инвестиционного предложения так и декларации о намерениях (экспресс-оценка инвестиционного предложения);

- разработки "Обоснования инвестиций";
- разработки ТЭО (проекта);
- осуществления инвестиционного проекта (экономический мониторинг).

Принципы оценки эффективности инвестиционного проекта одинаковы на всех стадиях. Оценка может различаться по видам рассматриваемой эффективности, а также по набору исходных данных и степени подробности их описания» [10].

В нашем случае оценка эффективности может осуществляться на каждом процессе модели при переходе из одного выхода процесса на вход другого, согласно регламенту выполнения процедур и их характеристик, от одного владельца процесса к другому, исходя из установленных границ самого процесса. Отметим, что регламент выполнения процедур готовится заранее с учетом всех требований, заявленных для внутренних и внешних пользователей. Для внутренних показателей предусмотрены карты вкладов сотрудников, которые характеризуют с одной стороны вклад каждого в выполнение процесса, а с другой показывают качественную и количественную характеристику его исполнения. Оценка эффективности инвестиционного проекта предполагает его общественную и коммерческую составляющую [10]. На наш взгляд, оценка инвестиционного проекта сквозь призму процессного подхода, а следом его применение в реализации проекта повысит его коммерческую эффективность. Так, в ходе исследования были выявлены следующие преимущества:

в клиентскую перспективу модели внесены показатели маркетинговой лояльности (NPS, EGR, LTV), которые позволяют спрогнозировать с достаточной степенью вероятности денежный поток;

показатели лояльности в клиентской перспективе дополняют традиционные финансовые показатели по следующей логически выстроенной логической цепочке рост NPS → рост EGR → рост LTV → рост NPV, и создают более устойчивую финансовую модель проекта;

проведение экспертизы по классификации и категорированию типов средств размещения перенесено на более ранний срок выполнения проекта, что позволяет снизить финансовые риски проекта;

получена возможность проводить качественную и количественную оценку исполнения проекта по каждому процессу;

увеличена совокупная эффективность проекта на 35 % (внесение показателей лояльности - 10%, изменение- подхода к срокам проведения экспертизы - 25%);

учтена образовательную составляющую персонала в инвестиционном проекте

Заключение

Применение двухкомпонентной модели на основе ССП Нортона и Каплана и NPS Ф Райхельда позволяет преодолеть ограничения линейного прогнозирования за счет интеграции показателей внутренней нормы рентабельности, чистого дисконтированного денежного потока, дисконтированного срока окупаемости проекта, средневзвешенной стоимости капитала, сезонных колебаний и маркетинговых показателей клиентской чувствительности пожизненной стоимости клиента, индекса потребительской лояльности и показателей накопленного роста. Подобный подход минимизирует влияние фактора неопределенности, обеспечивая вариативность прогнозных сценариев (пессимистичного, реалистичного и оптимистичного). Внедрение инструментов предиктивной аналитики на предынвестиционной фазе существенно повышает инвестиционную привлекательность проекта, обеспечивая прозрачность и цифровую верификацию рисков. Полученные результаты от применения данного подхода позволяют говорить о экономических, организационных, инновационном и маркетинговых эффектах. Изменение процедур проекта позволило получить синергетический эффект в части учета влияния на потребителей не только внесением показателей лояльности в практику исполнения проекта, но улучшением бизнес-процессов для клиентов путем обучения сотрудников. Изменение сценария проведения экспертиз по классификации и категорированию средств размещения значительно снизило риски исполнения инвестиционного проекта не только для владельцев, но и для всех заинтересованных участников проекта.

Литература

1. Бабикова А.В. Трансформация бренда и создание экосистемы на примере бренда Сбер // Современные научные исследования и инновации : электрон. науч.-практ. журн. – 2025. – № 1. – URL: https://web.snauka.ru/issues/2025/01/102873 (дата обращения: 19.08.2026).
2. Бадмаева Б.С. Анализ зарубежной практики создания и развития банковских экосистем // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 1. – С. 12–16. – URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=2660 (дата обращения: 19.08.2026).
3. Боронина Л.Н., Сенук З.В. Основы управления проектами : учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 134 с. – ISBN 978-5-7996-1751-6.
4. Жилан О.Д., Мамонтова Е.В. Экосистемы банков в России: развитие и перспективы // Baikal Research Journal : электрон. науч. журн. – 2025. – Т. 16, № 1. – С. 157–171. – URL: https://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=27165 (дата обращения: 19.08.2026).
5. Ильяшов Д.С. Экосистемный подход в управлении клиентской лояльностью: ключевые элементы и метрики оценки // Молодой ученый. – 2026. – № 20 (623). – С. 389–393. – URL: https://moluch.ru/archive/623/136727 (дата обращения: 19.08.2026).
6. Кандалинцев В. Инновационный бизнес. Применение сбалансированной системы показателей. – М. : Дело, 2015. – 803 с.
7. Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2017. – 2010 с.
8. Клеманина Ю.М., Муравьева О.А., Стеблякова Л.П., Вечкинзова Е.А. Цифровые экосистемы как механизм повышения уровня лояльности клиентов // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 5. – С. 1257–1274.
9. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная) / утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ 21 июня 1999 г. № ВК 477. – URL: https://base.garant.ru/2320803/ (дата обращения: 19.08.2026).
10. Нивен Пол Р. Диагностика сбалансированной системы показателей. – М. : Баланс Бизнес Букс, 2016. – 256 с.
11. Рамперсад Хьюберт К. Индивидуальная сбалансированная система показателей: путь к личному счастью, гармоничному развитию и эффективности организации. – М. : Олимп-Бизнес, 2017. – 121 с.
12. Юнусова Р.Ф. Экосистема как модель бизнеса банка в эпоху дистанционного банкинга // Сибирская финансовая школа. – 2023. – № 2. – С. 75–78. – URL: https://sfs.elpub.ru/jour/article/view/378 (дата обращения: 19.08.2026).

Two-Component Model for Investment Project Evaluation

Dzigora M.Yu.

Project Curator, GM (General Manager) of Lazurit Arkhyz Hotel & Spa 5, Expert in Classification of Accommodation Facilities 4–5 (Registry No. EK-01525)

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

In the context of high inflation (approximately 8.26 %, according to the Central Bank of the Russian Federation), investment and innovation projects are becoming riskier, while the rising cost of financial resources increases costs -particularly in projects with a long payback period (e.g., in the tourism industry).

The author proposes a two-component project management model that combines the metrics of the Balanced Scorecard (BSC) by Norton and Kaplan with the NPS metrics by F. Reichheld. Its implementation increased the economic efficiency of project activities by 34 %: the contribution of NPS amounted to 9 %, and that of BSC to 25 %. The model enabled the development of new evaluation metrics that combine investment sensitivity indicators with customer loyalty metrics, as well as a shift from a phase-based to a process-based approach to management.

The relevance of the study stems from the need to improve methods for evaluating and managing innovation and investment projects: traditional methods do not fully meet current challenges. The paper combines classical criteria (NPV, IRR, DPP) with modern project success indicators (NPS, EGR, ENC) and a process-based approach based on the BSC model.

The aim of the work is to improve the implementation of investment projects using a two-component model for investment evaluation and management.

Keywords: project management, investment attractiveness, business processes, financial efficiency, NPV, DPP, IRR, NPS, EGR, ENC, Balanced Scorecard, BSC.

References

1. Babikova A.V. Brand transformation and ecosystem creation: the case of the Sber brand // Modern Scientific Research and Innovation : electronic scientific-practical journal. – 2025. – No. 1. – URL: https://web.snauka.ru/issues/2025/01/102873 (accessed: 19.08.2026).
2. Badmaeva B.S. Analysis of foreign practices in the creation and development of banking ecosystems // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2023. – No. 1. – P. 12–16. – URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=2660 (accessed: 19.08.2026).
3. Boronina L.N., Senuk Z.V. Fundamentals of Project Management : study guide. – 2nd ed., expanded. – Yekaterinburg : Ural University Press, 2016. – 134 p. – ISBN 978-5-7996-1751-6.
4. Zhilan O.D., Mamontova E.V. Banking ecosystems in Russia: development and prospects // Baikal Research Journal : electronic scientific journal. – 2025. – Vol. 16, No. 1. – P. 157–171. – URL: https://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=27165 (accessed: 19.08.2026).
5. Ilyashov D.S. Ecosystem approach to customer loyalty management: key elements and assessment metrics // Young Scientist. – 2026. – No. 20 (623). – Pp. 389–393. – URL: https://moluch.ru/archive/623/136727 (accessed: 19.08.2026).
6. Kandalintsev V. Innovative Business: Application of the Balanced Scorecard. – Moscow: Delo, 2015. – 803 p.
7. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. – Moscow: Olimp-Business CJSC, 2017. – 2010 p.
8. Klemanina Yu.M., Muravyeva O.A., Steblyakova L.P., Vechkinzova E.A. Digital Ecosystems as a Mechanism for Increasing Customer Loyalty // Creative Economy. – 2024. – Vol. 18, No. 5. – Pp. 1257–1274.
9. Methodological Recommendations for Assessing the Efficiency of Investment Projects (Second Edition, Revised and Supplemented) / approved by the Ministry of Economy of the Russian Federation, the Ministry of Finance of the Russian Federation, and Gosstroy of the Russian Federation on June 21, 1999, No. VK 477. – URL: https://base.garant.ru/2320803/ (accessed: 19.08.2026).
10. Niven Paul R. Balanced Scorecard Diagnostics. – Moscow: Balance Business Books, 2016. – 256 p.
11. Rampersad Hubert K. Individual Balanced Scorecard: The Path to Personal Happiness, Harmonious Development, and Organizational Effectiveness. – Moscow: Olimp-Business, 2017. – 121 p.
12. Yunusova R.F. Ecosystem as a Bank Business Model in the Era of Remote Banking // Siberian Financial School. – 2023. – No. 2. – P. 75–78. – URL: https://sfs.elpub.ru/jour/article/view/378 (accessed: 19.08.2026).

Развитие инвестиционно-инновационного климата региона: комплексный подход

Соколов Петр Сергеевич
кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов, учета и экономической безопасности, Волгоградский государственный университет ps.sokolov@volsu.ru,

Ковалев Никита Андреевич
аспирант, направление подготовки «Региональная и отраслевая экономика», кафедра менеджмента и маркетинга, Волгоградский государственный университет, ni.ta1438@gmail.com

Актуальность исследования обусловлена необходимостью теоретического осмысления категорий инновационного и инвестиционного климата региона как взаимосвязанных факторов устойчивого развития территорий в условиях структурной перестройки экономики и перехода к интенсивной модели роста. В статье обосновывается, что традиционные подходы к определению и оценке инновационного и инвестиционного климата развиваются обособленно, вследствие чего между ними сохраняется методический разрыв, препятствующий формированию целостного представления о региональной среде развития. Авторами предлагается новая трактовка инновационного климата региона как интегральной системы институциональных, ресурсных, инфраструктурных и управленческих условий, определяющих возможность генерации, внедрения и коммерциализации инноваций при приемлемом уровне неопределённости и рисков. Систематизированы факторы инвестиционного климата: природно-ресурсные, производственные, инфраструктурные, потребительские, кадровые, институциональные и финансовые. Предложены показатели оценки инвестиционно-инновационного климата региона Практическая значимость состоит в возможности применения предложенного методического подхода органами государственной власти для мониторинга состояния региональной среды, выявления структурных ограничений и обоснования приоритетов социально-экономической политики.
Ключевые слова: инновационный климат, инвестиционный климат, региональное развитие, факторы формирования, методика оценки, синергетический эффект, интегральная оценка, стейкхолдеры.

В современных условиях экономического развития регионы выступают самостоятельными центрами концентрации ресурсов, знаний и управленческих инициатив. Инновационный климат, понимаемый как совокупность условий для генерации и внедрения новых технологий, определяет конкурентоспособность территории, ее привлекательность для инвесторов и способность устойчиво адаптироваться к внешним изменяющимся факторам [10]. Инвестиционный климат, в свою очередь, отражает возможности и барьеры для размещения финансового капитала и реализации долгосрочных проектов, что тесно связано с качеством нормативной базы, инфраструктуры и уровнем взаимодействия ключевых субъектов региональной экономики [11].

В современной литературе категория «инновационный климат» трактуется неоднозначно, что связано с различием уровней анализа (предприятие, регион, страна) и акцентов (условия, ресурсы, институты, риски). Поэтому целесообразно сопоставить ключевые подходы и выделить их содержательные элементы.

Статья Марковой Т.Э. раскрывает инновационный климат как компонент инновационной деятельности, Автором показано, что «климат фиксирует сложившиеся условия осуществления инноваций» [4]. В статье отмечается, что корректная интерпретация инновационного климата требует учета причинно-следственных связей между категориями инновационный потенциал и инновационная активность: первая отражает ресурсную готовность, а вторая – практическую реализацию инновационных действий.

В работе Оспищевой П.П. автор предлагает трактовку инновационного климата как «объективно существующей тенденции, побуждающей экономические субъекты к инновационному развитию» [5], и связывает его со степенью благоприятности инновационной среды. Кроме того, автором подчеркнуто, что инновационный климат «может рассматриваться через состояние внешней и внутренней среды, а также через микроклимат и макроклимат».

Статья Хисматуллиной А.М. и Егоровой А.А. рассматривает инновационный климат как «благоприятные условия для развития инноваций» [7]. В исследовании акцентируется роль государственного участия через разграничения полномочий органов власти, государственное регулирование инновационной сферы и систему государственной поддержки.

В исследовании, посвященном региональному инновационному климату, Юренков Д.В. формулирует комплексный подход. Региональный инновационный климат трактуется как «совокупность условий, характеризующих инновационную активность и развитие территории включая наличие инновационной инфраструктуры, доступность финансирования, кадрово-научную базу и государственную поддержку» [9]. Автором также обозначены факторы, усиливающие качество инновационной среды, в том числе «трансфер технологий, структура финансирования инноваций и культура инноваций и предпринимательства». Значит, в региональном измерении «климат» выступает интегральной характеристикой условий генерации и коммерциализации инноваций.

Отдельно отметим, что в статье Хуссейна М. А. Х. инновационный климат интерпретируется через призму факторов среды, влияющих на риск инновационной деятельности. Такой подход методически дополняет региональные трактовки, поскольку позволяет включать в содержание инновационного климата параметры предсказуемости правил, доступности ресурсов и устойчивости взаимодействий, которые снижают неопределенность инновационных проектов [8].

В наиболее общем смысле, под инвестиционным климатом понимается привлекательность территории с точки зрения целесообразности осуществления инвестиционных вложений. В отечественной практике, первое и наиболее полное определение инвестиционного климата было дано учёными Алексеевым В.Н. и Ермиловым В.Г.: «совокупность политических, экономических, правовых, социальных и других факторов, определяющих возможности прибыльного вложения капитала и приемлемую степень инвестиционного риска, опосредованных состоянием инфраструктуры и комфортом жизнедеятельности» [1]. Данный подход учитывает не только прибыль от инвестиций, но и риски, состояние производственной, финансовой, социальной инфраструктуры государства.

По мнению Марковой инвестиционный климат можно рассматривать как «совокупную характеристику политических, эконмических, социальных, правовых, географических, трудовых и прочих факторов присущих данной конкретной географической или административной территории, или отрасли экономики» [4]. Также автор дополняет, что инвестиционный климат «раскрывает как возможные для инвестора потенциалы в развитии этого направления, так и сообщает ему о присущих этой сфере рисках».

Инновационный климат региона следует рассматривать как систему институционально закреплённых условий, которые определяют возможность генерации, внедрения и коммерциализации нововведений и зависят от согласованности действий власти, бизнеса и научно-образовательного сектора. При таком понимании инновационный климат повышает качество инновационных проектов, поскольку обеспечивает предсказуемость правил, доступ-

ность специализированной инфраструктуры и ресурсов, а также устойчивость кооперации «наука-бизнес», что повышает реализуемость проектов и их соответствие потребностям региональной экономики.

В работе Данькова С.О. и Стрябковой Е.А. реализован метод оценки на основе балльной системы: сформирована структура показателей и интегральный показатель с использованием четырех блоков [2]. В ходе исследования блоки соотносятся с научным потенциалом, экономическим состоянием региона, инновационной политикой и интеллектуальным потенциалом; весовые коэффициенты определяют вклад блоков; нормирование выполняется через линейное масштабирование с опорой на минимальные и максимальные показатели; агрегирование показателей внутри блоков обеспечивается средним арифметическим. Интегральный показатель инновационного потенциала рассчитывается как сумма блоков с учетом весовых коэффициентов.

Такой подход методически удобен и обеспечивает единый алгоритм нормирования. При этом, позволяет интерпретировать вклад каждой группы факторов в итоговую оценку. Тем не менее, чувствительность метода существенно зависит от выбранной шкалы нормирования и от крайних значений показателей. Именно изменение минимума или максимума меняет нормированные оценки всех регионов. Кроме того, риск субъективности сохраняется в части выбора весов блоков и перечня показателей.

Следовательно, при применении бальной методики требуется методически обосновывать структуру блоков и веса, а также проверять устойчивость результатов к изменению шкал и состава показателей.

С учётом выявленных ограничений целесообразно предложить авторский подход к совместной оценке инновационного и инвестиционного климата региона как взаимосвязанных и взаимодополняющих категорий (см рис. 1).

В рамках данного подхода:

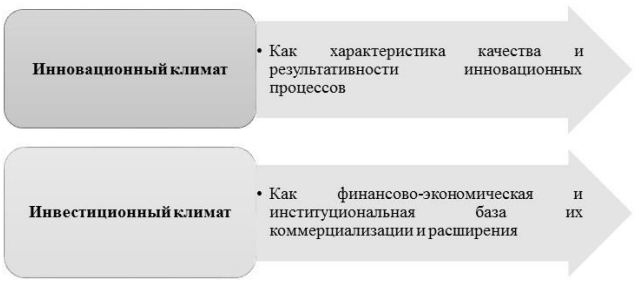


Рис. 1. Содержательная составляющая подхода к оценке инновационного и инвестиционного климата региона
Источник: составлено автором

По нашему мнению, оценка должна строиться по логике, где инновационная составляющая формирует «качество» и «выход» инноваций, а инвестиционная – условия их масштабирования и устойчивости. Показатели для оценки инвестиционного климата представлены в таблице 1, для оценки инновационного климата – в таблице 2. В качестве объединения результатов предложено применение интегрального метода оценки. Ряд абсолютных показателей, предложенных для оценки инвестиционно-инновационного климата, являются статистическими, например, объём инвестиций в основной капитал, валовой региональный продукт, число организаций, выполняющих НИОКР, объём затрат на инновационную деятельность, ассигнования на науку, среднемесячная заработная плата и др.

Для оценки динамики инвестиционной активности региона по отношению к предыдущему году производится расчёт темпа роста инвестиций в основной капитал:

$$T_p = \left(\frac{Ик_t}{Ик_{t-1}}\right) \times 100 \qquad (1)$$

Таблица 1
Блок оценки «инвестиционный климат»

Показатель	Единица измерения
Объём инвестиций в основной капитал	млрд руб.
Темп роста инвестиций в основной капитал	% к предыдущему году
Индекс промышленного производства	% к предыдущему году
Валовой региональный продукт	трлн руб.
Доля инвестиций в обрабатывающих производствах	% от общего объёма инвестиций
Доля инвестиций в транспортировке и хранении	% от общего объёма инвестиций
Число реализуемых инвестиционных проектов	ед.
Структура инвестиционных проектов по отраслям (сельское хозяйство, строительство, промышленность, туризм и гостиничный бизнес)	доля, %
Позиция региона в национальном рейтинге состояния инвестиционного климата	место в рейтинге
Средний индекс инвестиционного климата (по городским округам и муниципальным районам)	Индекс

Источник: составлено автором

Таблица 2
Блок оценки «инновационный климат»

Показатель	Единица измерения
Уровень инновационной активности организаций	% организаций
Доля инновационных организаций в обрабатывающей промышленности	% от числа инновационных организаций
Доля инновационных организаций в здравоохранении	% от числа инновационных организаций
Доля инновационных организаций в научных исследованиях и разработках	% от числа инновационных организаций
Объём затрат на инновационную деятельность	млрд руб.
Доля собственных средств предприятий в финансировании инноваций	% от объёма затрат
Доля затрат на приобретение машин и оборудования	% от объёма затрат
Объём отгруженных инновационных товаров, работ и услуг	млрд руб.
Удельный вес инновационной продукции в общем объёме отгрузки	%
Доля организаций, планирующих инновационную деятельность	% организаций
Число организаций, выполняющих НИОКР	ед.
Численность работников, выполняющих НИОКР	человек
Объём затрат на научные исследования и разработки	млн руб.
Ассигнования на науку из бюджета	млн руб.
Среднемесячная заработная плата работников, занятых в НИОКР	руб.

Источник: составлено автором

где Тр – темп роста инвестиций в основной капитал в отчётном году, %;

$Ик_t$ – объём инвестиций в основной капитал в отчётном году;

$Ик_{t-1}$ – объём инвестиций в основной капитал в предыдущем году.

Для понимания отраслевой концентрации инвестиционных вложений в наиболее значимом секторе промышленной специализации региона производится расчёт доли инвестиций в обрабатывающие производства :

$$D_{обр} = \left(\frac{I_{обр}}{I_{общ}}\right) \times 100 \qquad (2)$$

где $D_{обр}$ – доля инвестиций, направленных в обрабатывающие производства, %;

$I_{обр}$ – объём инвестиций в обрабатывающие производства;

$I_{общ}$ – общий объём инвестиций в основной капитал региона.

Для оценки роли логистического направления в структуре региональных инвестиций, производится расчёт доли инвестиций в транспортировки и хранении:

$$D_{тр} = \left(\frac{I_{тр}}{I_{общ}}\right) \times 100 \qquad (3)$$

где $D_{тр}$ – доля инвестиций, направленных в транспортировку и хранение, %;

$I_{тр}$ – объём инвестиций в транспортировку и хранение;

Для анализа отраслевой структуры портфели инвестиционных проектов применяется формула:

$$S_j = \left(\frac{N_j}{N_{общ}}\right) \times 100 \qquad (4)$$

где S_j – доля инвестиционных проектов j-й отрасли в общем числе проектов, %;

N_j – число инвестиционных проектов в j-й отрасли;

$N_{общ}$ – общее число реализуемых инвестиционных проектов;

j – конкретная отрасль (сельское хозяйство, строительство, промышленность, туризм и гостиничный бизнес и др.).

Что касается блока инновационного климата, то для выявления отраслевой специализации инновационной активности рассчитывается показатель:

$$Динн_{обр} = \left(\frac{Иинн_{обр}}{Иинн}\right) \times 100 \qquad (5)$$

где $Динн_{обр}$ – доля инновационных организаций, приходящихся на обрабатывающую промышленность, %;

$Ninн_{обр}$ – число инновационных организаций в обрабатывающей промышленности;

$N_{инн}$ – общее число инновационных организаций.

Для понимания места социальной сферы в структуре инновационной активности региона рассчитывается показатель:

$$Динн_{здр} = \left(\frac{Иинновздр}{Иинн}\right) \times 100 \qquad (6)$$

где $Динн_{здр}$ – доля инновационных организаций, приходящихся на сферу здравоохранения, %.

$Ninн_{здр}$ – число инновационных организаций в здравоохранении;

Вклад научного сектора в общую структуру инновационной деятельности региона определяется по формуле:

$$Динн_{нир} = \left(\frac{Иинновнир}{Иинн}\right) \times 100 \qquad (7)$$

где $Динн_{нир}$ – доля инновационных организаций, приходящихся на научные исследования и разработки, %;

$Ninн_{нир}$ – число инновационных организаций в сфере научных исследований и разработок.

Степень зависимости инновационного развития от внутренних источников финансирования рассчитывается через долю собственных средств предприятий в финансировании инноваций:

$$D_{соб} = (\frac{F_{соб}}{Z_{инн}}) \times 100 \quad (8)$$

где $D_{соб}$ – доля собственных средств предприятий в финансировании инновационной деятельности, %;

$F_{соб}$ – объём собственных средств предприятий, направленных на инновации;

$Z_{инн}$ – общий объём затрат на инновационную деятельность.

Тип инновационной модели региона (модернизационный или исследовательский) определяется через расчёт доли затрат на приобретение машин и оборудования:

$$D_{обор} = (\frac{Z_{обор}}{Z_{инн}}) \times 100 \quad (9)$$

где $D_{обор}$ – доля затрат на приобретение машин и оборудования в общем объёме инновационных затрат, %;

$Z_{обор}$ – затраты на приобретение машин и оборудования;

$Z_{инн}$ – общий объём затрат на инновационную деятельность.

Удельный вес инновационной продукции в общем объёме отгрузки позволяет определить результативность инновационной деятельности с точки зрения её коммерческого выхода и рассчитывается по формуле:

$$U_{прод} = (\frac{Q_{инн}}{Q_{общ}}) \times 100 \quad (10)$$

где $U_{прод}$ – удельный вес инновационной продукции в общем объёме отгрузки, %;

$Q_{инн}$ – объём отгруженных инновационных товаров, работ и услуг;

$Q_{общ}$ – общий объём отгруженных товаров, выполненных работ и услуг в регионе.

Доля организаций, планирующих инновационную деятельность, позволяет оценить перспективный потенциал инновационного развития региона и рассчитывается по формуле (11):

$$D_{план} = (\frac{N_{план}}{N_{общ}}) \times 100 \quad (11)$$

где $D_{план}$ – доля организаций, планирующих инновационную деятельность в ближайшие годы, %;

$N_{план}$ – число организаций, заявивших о планах осуществления инновационной деятельности;

$N_{общ}$ – общее число обследованных организаций.

В качестве обобщающего показателя целесообразно использовать валовой региональный продукт. Его включение обусловлено тем, что ВРП отражает суммарный экономический результат развития региона и позволяет оценить интегральный эффект от реализации предложенных рекомендаций.

Если инвестиции в основной капитал и число инвестиционных проектов характеризуют инвестиционную составляющую, а инновационные затраты и объем инновационной продукции – инновационную, то валовой региональный продукт позволяет установить, приводит ли совокупное улучшение инновационного и инвестиционного климата к расширению масштабов региональной экономики. Иначе говоря, именно данный показатель позволяет связать частные эффекты по отдельным направлениям с итоговым результатом социально-экономического развития области.

Для прогнозирования валового регионального продукта как обобщающего показателя целесообразно использовать факторный метод. ВРП является итоговым результатом развития региональной экономики и формируется под воздействием как инвестиционных, так и инновационных факторов.

В общем виде расчет может быть представлен следующим образом:

$$ВРП_{план} = ВРП_{баз} + \Delta ВРП_{инв} + \Delta ВРП_{инн} \quad (12)$$

где $ВРП_{план}$ – плановое значение валового регионального продукта;

$ВРП_{баз}$ – базовое прогнозное значение валового регионального продукта;

$\Delta ВРП_{инв}$ – прирост ВРП за счет инвестиционного фактора;

$\Delta ВРП_{инн}$ – прирост ВРП за счет инновационного фактора.

Таким образом, инновационные и инвестиционные факторы рассматриваются нами как системообразующие детерминанты экономического развития региона. Формирование благоприятной инвестиционной среды является важной частью обеспечения экономической безопасности региона. Не менее важным механизмом роста является инновационная активность. В ходе проведенного исследования раскрыты теоретические и методические основы развития и оценки инвестиционно-инновационного климата региона.

Литература

1. Алексеев, В. Н. Эволюция понятия «инвестиционный климат» в переходной экономике России / В. Н. Алексеев // Проблемы экономики и юридической практики. – 2022. – Т. 18, № 1. – С. 173-179.
2. Даньков, С. О. Оценка инновационного потенциала региона / С. О. Даньков, Е. А. Стрябкова // Научный результат. Экономические исследования. – 2024. – Т. 10, № 3. – С. 33-45
3. Дугина, Т. А. Характеристика инвестиционного климата и привлекательности территории / Т. А. Дугина, Т. Ж. Мамбетмуратов, А. В. Коршунов // Вестник ВИЭПП. – 2024. – № 1. – С. 98-106.
4. Маркова, Т. Э. Инновационная активность, инновационный климат и инновационный потенциал субъектов предпринимательства в сфере рециклинга вторичных полимеров / Т. Э. Маркова // Инновационная деятельность. – 2021. – № 4(59). – С. 48-54
5. Оспищева, П. П. Инновационный климат как приоритетный фактор развития экономики страны / П. П. Оспищева // Актуальные вопросы современной экономики. – 2020. – № 6. – С. 614-618.
6. Харламова, Т. Л. Направления совершенствования инновационного климата на основе институционального подхода / Т. Л. Харламова // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 1. – С. 75.
7. Хисматуллина, А. М. Инновационный климат в республике Татарстан / А. М. Хисматуллина, А. А. Егорова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-6. – С. 28-32
8. Хуссейн М. А. Х. Оценка инновационного климата как способ снижения рисков инновационной деятельности предприятия // Kant – 2024 - №3(52) – С. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-innovatsionnogo-klimata-kak-sposob-snizheniya-riskov-innovatsionnoy-deyatelnosti-predpriyatiya (дата обращения: 18.01.2026).
9. Юренков, Д. В. Ключевые факторы формирования и развития регионального инновационного климата / Д. В. Юренков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 1(60). – С. 370-373
10. Current Trends In The Investment Climate Improvement In The Russian Federation / Golovchanskaya Marina // Trends and Innovations in Economic Studies, Science on Baikal Session. – 2020. – P. 275-280.
11. Golova I.M., Sukhovei A.F.[Designing a differentiated strategy of innovation development of Russia's regions: Methodological issues. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. Regional Economics: Theory and Practice, 2020, vol. 18, iss. 11, pp. 2022–2048.

Development of the investment and innovation climate of the region: comprehensive approach

Sokolov P.S., Kovalev N.A.

Volgograd State University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The relevance of the study is due to the need for theoretical understanding of the categories of innovation and investment climate of the region as interrelated factors of sustainable development of territories in the context of structural restructuring of the economy and the transition to an intensive growth model. The article argues that traditional approaches to the definition and assessment of innovation and investment climate develop separately, as a result of which a methodological gap remains between them, preventing the formation of a holistic view of the regional development environment. The authors propose a new interpretation of the regional innovation climate as an integral system of institutional, resource, infrastructural and managerial conditions that determine the possibility of generation, implementation and commercialization of innovations at an acceptable level of uncertainty and risks. The factors of the investment climate are systematized: natural resource, production, infrastructural, consumer, personnel, institutional and financial. Indicators for assessing the investment and innovation climate of the region are proposed. The practical significance lies in the possibility of applying the proposed methodological approach by public authorities for monitoring the state of the regional environment, identifying structural constraints and justifying priorities of socio-economic policy.

Keywords: innovation climate, investment climate, regional development, formation factors, assessment methodology, synergistic effect, integral assessment, stakeholders.

References

1. Alekseev, V. N. Evolution of the Concept of "Investment Climate" in Russia's Transition Economy / V. N. Alekseev // Problems of Economics and Legal Practice. – 2022. – Vol. 18, No. 1. – pp. 173-179.
2. Dankov, S. O. Assessment of a Region's Innovation Potential / S. O. Dankov, E. A. Stryabkova // Research Result. Economic Research. – 2024. – Vol. 10, No. 3. – pp. 33-45.
3. Dugina, T. A. Characteristics of the Investment Climate and Attractiveness of a Territory / T. A. Dugina, T. Zh. Mambetmuratov, A. V. Korshunov // Bulletin of VIEPP. – 2024. – No. 1. – pp. 98-106.
4. Markova, T. E. Innovation Activity, Innovation Climate, and Innovation Potential of Business Entities in the Sector of Secondary Polymer Recycling / T. E. Markova // Innovation Activity. – 2021. – No. 4(59). – pp. 48-54.
5. Ospishcheva, P. P. Innovation Climate as a Priority Factor for the Development of a National Economy / P. P. Ospishcheva // Current Issues in Modern Economics. – 2020. – No. 6. – pp. 614-618.
6. Kharlamova, T. L. Directions for Improving the Innovation Climate Based on an Institutional Approach / T. L. Kharlamova // Russian Economic Online Journal. – 2019. – No. 1. – p. 75.
7. Khismatullina, A. M. Innovative Climate in the Republic of Tatarstan / A. M. Khismatullina, A. A. Egorova // Trends in the Development of Science and Education. – 2020. – No. 62-6. – pp. 28–32.

Преобразующие инвестиции как инструмент структурной трансформации региональной экономики (на примере Владимирской области)»

Шувалов Евгений Александрович
аспирант, кафедра Региональной и отраслевой экономики, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г Столетовых, evgeniy72shuvalov@gmail.ru,

Тесленко Ирина Борисовна
д.э.н., проф., зав. кафедрой «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г Столетовых, iteslenko@inbox.ru

В статье исследуется роль преобразующих инвестиций в структурной трансформации региональной экономики и предлагается методический аппарат для их выделения из совокупного инвестиционного потока. На примере Владимирской области проведен анализ инвестиционной динамики и отраслевого распределения капитала, а также оценено влияние флагманских проектов на производство, занятость и инфраструктуру. Выявлены сектора и конкретные инициативы, которые выступают реальными драйверами изменения базовых пропорций и технологического уклада региона. Сделан обоснованный вывод о степени преобразующего характера региональных вложений и определены ключевые структурные сдвиги, инициированные их реализацией.
Ключевые слова: Владимирская область, инвестиционная динамика, отраслевая структура, преобразующие инвестиции, региональная экономика, структурная трансформация, структурные сдвиги.

Структурная трансформация региональной экономики представляет собой процесс глубоких изменений в архитектонике территориальной хозяйственной системы, затрагивающих базовые пропорции и межотраслевые связи. По своей сути, речь идет о перестройке удельного веса различных отраслей, секторов и видов деятельности, выстраивании новых связей между ними с целью повышения общей эффективности, адаптивности и конкурентоспособности экономики. На практике такая трансформация неизбежно включает в себя диверсификацию производственной базы, предполагающую снижение критической зависимости региона от одной-двух отраслей, будь то сырьевая специализация или узкая историческая ориентация. Важнейшим элементом выступает смена технологических укладов, при которой происходит переток ресурсов из низкотехнологичных производств в более современные, инновационные сегменты, формирующие основу долгосрочного роста. В учебной литературе по инвестиционной деятельности подчеркивается, что именно качественная структура инвестиций определяет долгосрочные траектории регионального развития [6].

В состав практических мер по трансформации входит перераспределение трудовых ресурсов из менее производительных сфер в более эффективные, что неразрывно связано с развитием человеческого капитала через систему образования и переподготовку кадров. Кроме того, регион должен углублять цепочки создания стоимости, встраиваясь в более длинные производственные цепочки, где генерируется максимальная добавленная стоимость. Также важным элементом является изменение институциональной среды через реформы, которые улучшают деловой климат, упрощают ведение бизнеса и совершенствуют регулирование. Часто структурная трансформация становится вынужденным, но необходимым ответом на внешние вызовы: изменение глобальных рынков, технологический сдвиг, необходимость отвечать на новые социальные запросы. Исследования проблем структурной трансформации региональной экономики показывают, что без целенаправленного воздействия со стороны институтов развития эти процессы могут носить хаотичный характер [7].

Преобразующие инвестиции выступают главным инструментом реализации подобной структурной политики, поскольку они не просто поддерживают статус-кво, а целенаправленно запускают масштабные сдвиги в структуре экономики. Их ключевая особенность заключается в том, что они создают «точки роста», инициируют долгосрочные изменения и дают системный эффект для всей региональной экономики. Без масштабных капитальных вложений многие структурные сдвиги просто не состоятся, поскольку именно они формируют материальную базу для перехода на новую технологическую траекторию. Инвестиции в инфраструктуру создают основу, которая позволяет развиваться новым отраслям и кластерам, а вложения в образование и науку формируют человеческий капитал - основу для появления инновационных компаний. При этом критически важно, чтобы такие инвестиции были сбалансированными, иначе точечное финансирование может усилить диспропорции и привести к негативным социальным последствиям. Анализ инвестиционного профиля Владимирской области подтверждает, что регион активно ищет балансы между коммерческой эффективностью и стратегическими задачами развития [2].

Чтобы корректно выделить преобразующие инвестиции из общего потока вложений, необходимо опираться на строгую совокупность идентификационных признаков, отличающих их от традиционного корпоративного финансирования или корпоративной социальной ответственности. Главным маркером выступает двойная цель, при которой проект одновременно генерирует финансовую отдачу и создает измеримый социальный или экологический эффект, являющийся равноправной частью бизнес-модели. В традиционных инвестициях фокус смещен исключительно на прибыль, тогда как в преобразующих социальная или экологическая составляющая выступает не побочным эффектом, а полноправной целью. Объектом инвестирования при этом выступают организации, чья миссия прямо связана с решением острых общественных или экологических проблем, будь то доступное жилье, переработка отходов или развитие возобновляемой энергетики. Успех таких проектов оценивается не только через финансовые метрики, но и через конкретные KPI, фиксирующие количество людей, получивших помощь, или объем сэкономленных ресурсов.

Для реализации подобных инициатив часто используются специфические финансовые инструменты, такие как зеленые или социальные облигации, займы с особыми условиями, привязанные к достижению конкретных социальных целей по принципу «оплаты за результат», а также долевое участие с особыми правами голоса. Нередко импакт-инвесторы не просто предоставляют капитал, а активно сопровождают проект, делятся экспертизой, помогают выстраивать процессы и масштабировать модель. Для защиты интересов инвесторов и закрепления приоритета социальной миссии разрабатываются специальные организационно-правовые формы, предусматривающие

механизмы контроля. Важно отметить, что сам по себе факт получения финансовой и социальной отдачи еще не делает инвестиции преобразующими - ключевым является именно сочетание цели, измеримости, инструментов и активного участия. Системные рамки, в которых происходит отбор проектов, задает соответствующая государственная программа Владимирской области по привлечению инвестиций в регион [8].

Если говорить о динамике инвестиций на территории области за период 2023–2025 годов, то там прослеживались достаточно противоречивые тренды. А именно: после того как в 2023 году произошло снижение, в 2024 году этот спад только углубился, и лишь в 2025 году удалось зафиксировать умеренный рост. Для того чтобы наглядно показать эти процессы, основные показатели инвестиционной активности региона систематизируем в таблице 1.

Таблица 1
Динамика инвестиций в основной капитал во Владимирской области за 2023–2025 годы

Показатель	2023 год	2024 год	2025 год
Объем инвестиций в основной капитал, млрд руб.	181,77	143,2	159,4
Темп роста в сопоставимых ценах, % к предыдущему году	91,2	74,6	102,0
Доля собственных средств в источниках финансирования, %	-	66,4	-
Доля привлеченных средств, %	-	33,6	-
Объем инвестиций без учета субъектов МП, млрд руб.	-	-	116,6

Данные из таблицы 1 хорошо показывают, насколько нестабильным был инвестиционный климат и какие переломные моменты переживала региональная экономика в этот период. Так, в 2023 году объем вложений в основной капитал достиг 181,77 млрд рублей, хотя в сопоставимых ценах это было на 8,8% меньше, чем годом ранее. Основными драйверами тогда выступали крупные проекты компаний вроде ВПО «Точмаш», «Вайлдберриз» или «Лузалес-Владимир». Кроме того, на Владимирском инвестиционном конгрессе региону удалось подписать 20 соглашений, из которых 14 были именно инвестиционными на общую сумму свыше 45 млрд рублей.

Однако уже в 2024 году ситуация заметно ухудшилась: объем инвестиций упал до 143,2 млрд рублей, а снижение в сопоставимых ценах составило 25,4% по отношению к 2023 году, что подтверждается и оперативными данными статистического ведомства [4]. Главными причинами такого спада стали высокие кредитные ставки, усложнение доступа к заемным средствам, общая инфляция и рост себестоимости. Свою роль сыграло и завершение ряда крупных инфраструктурных проектов, которые ранее финансировались из бюджета: доля средств федерального бюджета сократилась сразу на 78,5%, опустившись до 13,7% от общего объема инвестиций. В итоге предприятия покрывали своими силами 66,4% всех вложений, а на привлеченные средства приходилось 33,6%.

К 2025 году наметилось некоторое восстановление: объем инвестиций поднялся до 159,4 млрд рублей, показав рост примерно на 2% в сопоставимых ценах к уровню предыдущего года. Примечательно, что предприятия и организации области (без учета малого предпринимательства) освоили 116,6 млрд рублей, что на 4% меньше показателей 2024 года, но общий объем все же вырос за счет активности других категорий инвесторов. Статистика этот тренд подтверждает, фиксируя рост инвестиций в основной капитал на те же 2% [5].

Чтобы лучше понять технологическую структуру этих вложений, стоит обратиться к распределению капитала по видам основных фондов, данные по которому систематизируем в таблице 2.

Таблица 2
Структура инвестиций в основной капитал по видам основных фондов во Владимирской области за 2024–2025 годы

Виды основных фондов	2024 год, млн руб.	2024 год, %	2025 год, млрд руб.	2025 год, %
Машины и оборудование, включая хозяйственный инвентарь	74 979,5	52,4	73,7	46,2
Здания и сооружения (кроме жилых), улучшение земель	50 952,9	35,6	59,1	37,1
Строительство жилья	9 494,6	6,6	16,5	10,4
Объекты интеллектуальной собственности	5 567,2	3,9	7,3	4,6
Итого	143 200,4	100,0	159,4	100,0

Опираясь на данные таблицы 2, можно отметить, что в 2024 году свыше половины всех инвестиционных ресурсов было направлено на приобретение машин и оборудования. Это свидетельствует о том, что процессы технического перевооружения в регионе продолжались, несмотря на общую макроэкономическую нестабильность.

В 2025 году общая картина в целом сохранилась, хотя доля затрат на машины и оборудование незначительно сократилась. При этом заметно выросла доля инвестиций в жилищное строительство — с 6,6% до 10,4%, что явно отражает оживление девелоперской активности. Кроме того, увеличение вложений в объекты интеллектуальной собственности (с 3,9% до 4,6%) говорит о постепенном повышении значимости нематериальных активов для экономики области.

Что касается отраслевого распределения инвестиций в 2024–2025 годах, то здесь наблюдалась довольно резкая поляризация. Одни сектора демонстрировали стремительный рост, в то время как другие, наоборот, переживали глубокий спад. Чтобы наглядно оценить эти структурные сдвиги, имеет смысл обратиться к показателям таблицы 3.

Таблица 3
Динамика инвестиций по видам экономической деятельности во Владимирской области в 2024 году

Виды экономической деятельности	Динамика инвестиций в 2024 году
Финансовая и страховая деятельность	Рост в 2,9 раза
Гостиницы и предприятия общественного питания	Рост на 70,5%
Образование	Рост на 50,4%
Культура, спорт, организация досуга и развлечений	Рост на 44,8%
Добыча полезных ископаемых	Рост на 22,6%
Обрабатывающие производства	Рост на 15,5%
Обеспечение электрической энергией, газом и паром	Снижение на 4,4%
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство	Снижение на 7,5%
Здравоохранение и социальные услуги	Снижение на 12,4%
Административная и сопутствующие дополнительные услуги	Снижение на 30,8%
Водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	Снижение на 36%
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	Снижение на 47,3%
Строительство	Снижение на 70,8%
Транспортировка и хранение	Снижение на 76,2%

Данные таблицы 3 подтверждают, что преобразующие инвестиции в основном концентрируются в тех секторах, которые ориентированы на внутренний спрос, сферу услуг и переработку. Особенно показателен рост в обрабатывающих производствах: он составил 15,5%, а их доля в общем объеме инвестиций по крупным и средним организациям превысила 40%. Это вполне укладывается в общий курс на индустриальное развитие региона.

В то же время мы наблюдаем колоссальное падение показателей в строительстве (на 70,8%) и в сфере транспортировки (на 76,2%). Связано это, по всей видимости, с отложенным эффектом от завершения ранее начатых инфраструктурных мегапроектов, а также с общей заморозкой девелоперской активности. Интересно, что при этом инвестиции в финансовую и страховую деятельность выросли в 2,9 раза, что отражает усложнение финансовых инструментов и растущую потребность бизнеса в поиске новых схем для хеджирования рисков.

По итогам 2025 года основной поток инвестиционных ресурсов сконцентрировался в трех ключевых сферах. Более детальные данные по этому распределению представим в таблице 4.

Таблица 4
Отраслевая структура инвестиций во Владимирской области по итогам 2025 года

Виды экономической деятельности	Доля в общем объеме инвестиций, %
Обрабатывающие производства	45,2
Транспортировка и хранение	10,7
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	8,6
Прочие виды экономической деятельности	35,5
Итого	100,0

Анализ данных, представленных в таблице 4, свидетельствует о том, что обрабатывающие производства сохраняют доминирующее положение, аккумулируя почти половину совокупного объема инвестиций. Возобновление положительной динамики в сегменте транспортировки и хранения указывает на инициацию нового цикла инфраструктурных проектов, продиктованного необходимостью адаптации логистических маршрутов. Энергетический сектор демонстрирует стабильность, что объективно отражает потребности промышленного комплекса в гарантированном энергообеспечении.

Реализация структурной политики обусловливает необходимость формирования специализированных институциональных и территориальных форматов, в первую очередь особых экономических зон (ОЭЗ) и промышленных технопарков. На территории Владимирской области осуществляется активное развитие ОЭЗ «Доброград-1» (Ковровский район) и ОЭЗ «Владимир», охватывающей Ковровский, Киржачский и Александровский районы. Совокупный объем инвестиций, привлеченных резидентами, уже превысил 1 млрд рублей. При этом в ОЭЗ «Доброград-1» формируется мощный мебельный кластер, якорным резидентом которого выступает Группа компаний «Аскона». Дополнительно в регионе созданы и зарегистрированы в Министерстве промышленности и торговли РФ межрегиональный кластер инженерных и климатических систем, стекольный кластер, а также кластер производителей тепловых насосов «Чистая

энергия». Данные инициативы в полной мере соответствуют критериям преобразующих инвестиций, поскольку способствуют трансформации технологического уклада и формированию глубоких цепочек добавленной стоимости. Репрезентативным примером адресной государственной поддержки центров экономического роста выступает проект ООО «Промышленный технопарк "Муроммаш"», получивший в 2025 году бюджетные ассигнования в объеме 348,837 млн рублей (из них 300 млн рублей — средства федерального бюджета, 48,8 млн рублей — регионального). Инвестиционная карта области подвергается регулярной актуализации, фиксируя появление новых резидентов и инфраструктурных проектов [3].

Воздействие реализованных инвестиционных проектов на социально-экономическую среду региона реализуется через ряд ключевых каналов, среди которых доминирующее значение имеют рынок труда и производственная инфраструктура. Освоение инвестиционных проектов на площадках ОЭЗ и технопарков обеспечило создание тысяч новых высокопроизводительных рабочих мест (исключительно в ОЭЗ «Доброград-1» запланировано создание около 3 тыс. таких мест). В обрабатывающих производствах зафиксирован устойчивый рост: индекс промышленного производства в 2023 году составил 109,4%, а в обрабатывающих отраслях — 110,9%, что подтверждает реальное увеличение физических объемов выпускаемой продукции. Развитие особых экономических зон и технопарков стимулирует модернизацию сопутствующей инфраструктуры в районах их дислокации, а ввод в эксплуатацию высокоскоростной автомобильной дороги М-12 способствует оптимизации логистических цепочек и минимизации издержек бизнеса.

Вместе с тем следует принимать во внимание, что не все соглашения, заключенные в рамках инвестиционных форумов, оперативно переходят в стадию практической реализации, и часть проектов длительное время остается на уровне рамочных договоренностей без конкретизации сроков исполнения. На совокупную инвестиционную привлекательность региона продолжают оказывать существенное влияние государственные программы развития агропромышленного комплекса, грантовые программы «Агростартап» и «Агротуризм», а также программа «Владимирский регион», направленная на поддержку промышленности. Агентство экономического развития Владимирской области, функционирующее по принципу «одного окна», обеспечивает необходимую институциональную поддержку, что позволяет существенно снизить транзакционные издержки для инвесторов.

Выводы. Подводя итоги, следует констатировать, что структурная трансформация экономики Владимирской области в период 2023–2025 годов проходила стадию активной адаптации к принципиально новым макроэкономическим условиям. После снижения объема инвестиций на 8,8% в 2023 году и последующего глубокого падения на 25,4% в 2024 году, обусловленного исчерпанием цикла инфраструктурных проектов и ужесточением денежно-кредитной политики, в 2025 году зафиксирована положительная динамика на уровне 2%.

Анализ отраслевого распределения капитала свидетельствует о том, что преобразующие инвестиции концентрируются преимущественно в обрабатывающих производствах, сфере услуг и кластерных инициативах, что объективно трансформирует базовые пропорции региональной экономики. При этом выделение импакт-составляющей в инвестиционных проектах предоставляет региональным органам власти возможность более точно оценивать не только финансовую, но и социально-экономическую эффективность осуществляемых вложений.

Дальнейшее углубление структурных сдвигов потребует от региональных институтов развития повышения качества отбора проектов, усиления адресной поддержки высокотехнологичных производств, а также обеспечения синергетического эффекта между государственными субсидиями и частным капиталом. Исключительно сбалансированное сочетание инфраструктурных, инновационных и социальных инвестиций способно обеспечить долгосрочную конкурентоспособность региона в условиях продолжающейся трансформации национальной экономики.

Литература

1. Абрамян, Г. А. Приоритеты инвестиционного развития регионов в контексте структурной трансформации российской экономики / Г. А. Абрамян // Российская экономика: на пути структурной трансформации: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 01 марта 2023 года / под общ. ред. С. А. Самусенко, отв. за вып. А. В. Ревкуц. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 17.
2. Владимирская область : [информация об экономическом профиле региона] / Центральный банк Российской Федерации. – URL: https://cbr.ru/vladimir/ekonom_profil/?ysclid=mt4jpteh8726439403 (дата обращения: 22.08.2026).
3. Инвестиционная карта Владимирской области / Инвестиционное агентство Владимирской области. – URL: https://investvladimir.agency/map/?ysclid=mt4jpwszb507208586 (дата обращения: 22.08.2026).
4. Инвестиции в основной капитал во Владимирской области в 2024г снизились на 25,4% / Интерфакс. – 2025. – URL: https://www.interfax-russia.ru/center/news/investicii-v-osnovnoy-kapital-vo-vladimirskoy-oblasti-v-2024g-snizilis-na-25-4 (дата обращения: 22.08.2026).
5. Инвестиции в основной капитал во Владимирской области в 2025г увеличились на 2% / Интерфакс. – 2026. – URL: https://www.interfax-russia.ru/index.php/center/news/investicii-v-osnovnoy-kapital-vo-vladimirskoy-oblasti-v-2025g-uvelichilis-na-2 (дата обращения: 22.08.2026).
6. Инвестиции и инвестиционная деятельность : учебник / Л. И. Юзвович, М. С. Марамыгин, Е. Г. Князева [и др.] ; под общ. ред. Л. И. Юзвович; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный экономический университет. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. – 498 с. – (Серия «Современные финансы и банковское дело»). – ISBN 978-5-7996-3082-9.
7. Лукин, Е. В. Проблемы структурной трансформации региональной экономики в исследованиях ВолНЦ РАН / Е. В. Лукин // Проблемы развития территории. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 7–28.
8. О государственной программе Владимирской области «Привлечение инвестиций на территорию Владимирской области»: постановление Администрации Владимирской области от 24 декабря 2018 г. № 950 (с изм. от 2 сентября 2025 г.). – URL: https://docs.cntd.ru/document/550307485/titles/1HV87R5?ysclid=mt4ivjtq2753864446 (дата обращения: 22.08.2026).

Transformative investments as a tool for the structural transformation of the regional economy (using the Vladimir Region as an example)

Shuvalov E.A., Teslenko I.B.
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs,

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The article examines the role of transformative investments in the structural transformation of the regional economy and proposes a methodological framework for identifying them within the total investment flow. Using the Vladimir Region as an example, the analysis examines investment dynamics and the sectoral distribution of capital, and also assesses the impact of flagship projects on production, employment, and infrastructure. Sectors and specific initiatives that act as real drivers of changes in the basic proportions and technological structure of the region are identified. A well-founded conclusion is drawn regarding the extent of the transformative nature of regional investments, and the key structural shifts initiated by their implementation are identified.

Keywords: Vladimir Region, investment dynamics, sectoral structure, transformative investments, regional economy, structural transformation, structural shifts.

References

1. Abramyan G. A. Priorities of investment development of regions in the context of structural transformation of the Russian economy / G. A. Abrahamyan // Russian economy: on the way of structural transformation: materials of the All-Russian scientific and practical conference, Krasnoyarsk, March 01, 2023 / under the general editorship of S. A. Samusenko, ed. for issue. A. V. Revkuts. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2023. – P. 17.
2. Vladimir Region: [information on the economic profile of the region] / Central Bank of the Russian Federation. – URL: https://cbr.ru/vladimir/ekonom_profil/?ysclid=mt4jpteh8726439403 (accessed: 22.08.2026).
3. Investment Map of the Vladimir Region / Investment Agency of the Vladimir Region. Available at: https://investvladimir.agency/map/?ysclid=mt4jpwszb507208586 (accessed: 22.08.2026).
4. Investments in fixed assets in the Vladimir region in 2024 decreased by 25.4% / Interfax. – 2025. – URL: https://www.interfax-russia.ru/center/news/investicii-v-osnovnoy-kapital-vo-vladimirskoy-oblasti-v-2024g-snizilis-na-25-4 (date of access: 22.08.2026).
5. Investments in fixed assets in the Vladimir region in 2025 increased by 2% / Interfax. – 2026. – URL: https://www.interfax-russia.ru/index.php/center/news/investicii-v-osnovnoy-kapital-vo-vladimirskoy-oblasti-v-2025g-uvelichilis-na-2 (date of access: 22.08.2026).
6. Investments and Investment Activities: Textbook / L. I. Yuzvovich, M. S. Maramygin, E. G. Knyazeva [i dr.] ; ed. by L. I. Yuzvovich; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State University of Economics. – Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2021. – 498 p. – (Series "Modern Finance and Banking"). – ISBN 978-5-7996-3082-9.
7. Lukin E. V Problems of Structural Transformation of the Regional Economy in the Studies of VolRC RAS / E. V. Lukin // Problems of the development of the territory. – 2021. – T. 25, No 1. – P. 7–28
8. On the State Program of the Vladimir Region "Attracting Investments to the Territory of the Vladimir Region": Decree of the Administration of the Vladimir Region of December 24, 2018 No 950 (as amended on September 2, 2025). URL: https://docs.cntd.ru/document/550307485/titles/1HV87R5?ysclid=mt4ivjtq2753864446 (accessed: 22.08.2026).

Оценка инвестиционной активности субъектов малого и среднего предпринимательства агропромышленного комплекса

Егикян Анастасия Руслановна
аспирант, старший преподаватель кафедры финансов и учета, Мелитопольский государственный университет, anastasiaegikian@yandex.ru

Статья посвящена проведению оценки инвестиционной активности субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) в агропромышленном комплексе (АПК) России. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения продовольственной безопасности страны, импортозамещения продукции АПК и устойчивого развития сельских территорий в условиях существующих экономических вызовов. Особое внимание в статье уделяется проведению анализа динамики, источников инвестиций в основной капитал малых форм хозяйствования, а также выявлению проблем, сдерживающих инвестиционную активность субъектов МСП. Цель исследования - комплексная оценка инвестиционной активности МСП в АПК и разработка практических рекомендаций по ее повышению. Методология исследования основывается на системном подходе, включающем статистический, сравнительный анализ. Результаты исследования показывают, что, несмотря на рост абсолютных объемов государственной поддержки, доля МСП в общем объеме инвестиций в АПК остается низкой, наблюдается тенденция к снижению инвестиционной активности. В статье предложены меры по совершенствованию организационно-экономического механизма регулирования инвестиционной деятельности в сфере АПК, к числу которых отнесены развитие кооперативных финансовых институтов, расширение инструментов государственно-частного партнерства и упрощение доступа к мерам государственной поддержки.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционная активность, малые формы хозяйствования, агропромышленный комплекс, государственная поддержка, крестьянские (фермерские) хозяйства, источники финансирования, инвестиционная привлекательность.

Введение

Агропромышленный комплекс (АПК) традиционно является одной из определяющих отраслей российской экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и занятость значительной части населения. В настоящее время в условиях оказываемого санкционного давления, роль АПК существенно возрастает. Устойчивое развитие данной отрасли невозможно без активизации инвестиционных процессов, особенно в сегменте малого и среднего предпринимательства, который обладает значительным потенциалом для повышения занятости населения на сельских территориях и формирования конкурентной среды [4, с. 10].

Несмотря на важность активизации инвестиционных процессов в сегменте малого и среднего предпринимательства, инвестиционная активность малых форм хозяйствования в АПК остается недостаточно высокой. Как свидетельствуют данные Минсельхоза РФ, инвестиции в малые формы хозяйствования (МФХ) составляют около 6-8% от общего объема капитальных вложений в АПК, что обусловлено низкой инвестиционной привлекательностью таких субъектов, их ограниченным доступом к кредитным средствам, отсутствием залогового обеспечения и слабой диверсификацией источников финансирования [2, с. 169].

Целью настоящего исследования является проведение оценки инвестиционной активности субъектов МСП в АПК и разработка практических рекомендаций по ее повышению.

Материалы и методы

Информационной основой настоящего исследования послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата), Министерства сельского хозяйства РФ, Банка России, аналитические обзоры Россельхозбанка, материалы периодических изданий и научных статей. Методологическую основу исследования составили системный подход, статистический и сравнительный анализ, а также методы обобщения и визуализации данных.

Литературный обзор

Проблематика инвестиционной активности в сфере АПК находится в центре внимания как отечественных, так и зарубежных исследователей. В научной литературе сложилось несколько направлений для проведения анализа проблем инвестиционной активности в сфере АПК.

Первое направление связано с теоретическим осмыслением сущности инвестиционной деятельности и ее роли в развитии аграрной экономики. Так, например, И.В. Минакова, Т.С. Кравченко, Ю.В. Бухвостов и В.И. Галигузов рассматривают управление инвестиционной деятельностью малых форм хозяйствования как совокупность управленческих решений по определению источника инвестиций, оптимизации их состава и назначения использования с последующим накоплением финансовых ресурсов при снижении затратной части производства [7, с. 112]. Указанные авторы подчеркивают, что инвестиционная деятельность аграрного производства характеризуется длительным сроком окупаемости финансовых вложений, что связано с отраслевыми особенностями сельского хозяйства и требует продуманной политики по использованию привлеченных ресурсов.

Второе направление посвящено анализу государственной поддержки инвестиционной деятельности. В качестве примера данного направления исследования можно привести работу И.В. Грузкова, Н.А. Довготько, А.А. Мамедова, в которой отмечается, что в связи с происходящими изменениями геополитических и экономических условий особую актуальность приобретает вопрос о системной и многообразной государственной поддержке отечественного АПК [3, с. 117]. Указанные авторы выделяют новации в механизмах бюджетной поддержки агропроизводителей, связанные с объединением компенсирующей и стимулирующей субсидий, и предлагают развивать меры государственной поддержки в области сельскохозяйственной науки, цифровой трансформации сельского хозяйства и разработки дополнительных мер поддержки.

Третье направление анализа инвестиционной активности в сфере АПК связано с исследованием проблем малого и среднего предпринимательства в контексте пространственного развития территорий. В частности, в работе Е.Д. Копытовой и С.С. Просукова делается вывод о том, что, несмотря на кратный рост объемов оказываемых мер поддержки, наблюдается снижение количества субъектов МСП в муниципальных образованиях [4, с. 11]. Указанные авторы связывают данную тенденцию с недостатками в организационной, информационной и инфраструктурной составляющих процесса поддержки, низким уровнем доступности различных мер поддержки, нехваткой площадок, пригодных для организации производства, снижением численности населения в сельской местности. Особое внимание авторами уделено проблемам нормативно-правового регулирования, отсутствию унифицированного подхода в предоставлении государственной поддержки на федеральном и региональном уровнях, что приводит к дублированию ряда реализуемых проектов.

Следующее направление проведения анализа связано с разработкой организационно-экономических механизмов регулирования инвестиционной деятельности. Так, В.И. Векленко и А.В. Долгополов отмечают, что особенности инвестиционной деятельности в АПК связаны с отраслевой спецификой сельскохозяйственных предприятий, в которых важными внеэкономическими мотивами являются состояние земельных и биологических ресурсов, природно-климатические условия [2, с. 169]. Указанные авторы приходят к выводу о необходимости совершенствования организационно-экономического механизма инвестиционной деятельности в сфере АПК, позволяющего привлечь и сформировать источники финансирования инвестиций и эффективно их использовать, и предлагают такие инструменты, как выделение бюджетных средств, бюджетных кредитов, гарантий коммерческим банкам по возврату кредитов, частичную уплату процентов по кредитам, предоставление инвестиционного налогового кредита, стимулирование развития финансово-промышленных компаний.

В научных работах последних лет также акцентируется внимание на существующих институциональных ограничениях и особенностях инвестиционной среды в сельском секторе [8; 9]. Так, В.В. Лахно, В.В. Волошин и З.И. Азиева определяют основные направления повышения инвестиционной привлекательности малых сельскохозяйственных предприятий, к числу которых относят развитие кооперативных финансовых институтов и механизмов государственно-частного партнерства [5, с. 151]. В.В. Маслова, Н.Ф. Зарук и М.В. Авдеев предлагают модель инвестиционного развития в целях обеспечения устойчивого роста аграрной экономики [6, с. 13].

В результате, проведенный анализ научной литературы позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на значительное количество исследований, посвященных инвестициям в сфере АПК, проблема оценки инвестиционной активности субъектов МСП остается недостаточно изученной. Настоящее исследование призвано восполнить этот пробел.

Результаты

Проведенный анализ статистических данных свидетельствует о наличии неоднозначных тенденций в инвестиционной сфере АПК. Так, в период с 2021 по 2024 гг. объем инвестиций в основной капитал сельского хозяйства увеличился с 520,9 млрд. руб. до 626,6 млрд. руб., однако, в 2025 году наметился спад, на 3,6% по сравнению с 2024 годом [10]. При этом, в 2025 году физический объем инвестиций в сельское хозяйство сократился на 2,2%, хотя в номинальном выражении (с учетом лесного хозяйства, рыболовства и рыбоводства) инвестиции выросли с 734 млрд. руб. в 2024 году до 768 млрд. руб. в 2025 году.

В таблице 1 представлена динамика инвестиций в основной капитал сельского хозяйства Российской Федерации в 2021-2025 гг.

Таблица 1
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства Российской Федерации в 2021-2025 гг. [10]

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2025 г. к 2021 г., %
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства, млрд. руб.	520,9	588,4	626,6	626,6	603,9	116,0
в том числе по источникам финансирования:						
собственные средства, млрд. руб.	319,4	358,6	390,5	428,8	413,1	129,3
привлеченные средства, млрд. руб.	201,5	229,8	236,1	197,8	190,8	94,7
из них:						
кредиты банков	72,3	81,5	88,7	76,3	73,6	101,8
бюджетные средства	9,3	11,8	14,2	18,2	17,5	188,2
прочие	119,9	136,5	133,2	103,3	99,7	83,2
Доля сельского хозяйства в общем объеме инвестиций, %	2,9	2,6	2,3	2,0	1,9	-

Представленные в таблице 1 данные, наглядно демонстрируют, что, несмотря на рост абсолютных объемов инвестиций в сельское хозяйство в 2021-2024 гг., в 2025 году произошло снижение их объемов как в физическом, так и в относительном выражении. Доля сельского хозяйства в общем объеме инвестиций в экономику страны устойчиво снижается, с 2,9% в 2021 году до 1,9% в 2025 году, что свидетельствует о снижении инвестиционной привлекательности отрасли.

В структуре источников финансирования сельского хозяйства Российской Федерации традиционно преобладают собственные средства предприятий, доля которых в 2025 году составила 68,4%. Привлеченные средства, включая кредиты банков и бюджетные средства, не превышают 31,6%. При этом бюджетные средства, хотя и выросли в абсолютном выражении (с 9,3 млрд. руб. в 2021 году до 17,5 млрд. руб. в 2025 году), составляют лишь 2,9% от общего объема инвестиций.

Проблематичной представляется ситуация с инвестиционной активностью малых форм хозяйствования. В таблице 2 представлены показатели инвестиционной активности субъектов МСП в АПК в 2021-2025 гг.

Таблица 2
Показатели инвестиционной активности субъектов МСП в АПК в 2021-2025 гг. [12]

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Доля МСП в общем объеме инвестиций в АПК, %	7,2	6,8	6,5	6,0	5,8
Объем инвестиций в МСП АПК, млрд. руб.	37,5	40,0	40,7	37,6	35,0
Индекс физического объема инвестиций в МСП АПК, % к предыдущему году	102,1	98,5	97,2	92,4	93,1
Степень износа основных фондов в сельском хозяйстве, %	40,2	41,5	42,0	42,7	43,1
Количество субъектов МСП в сельском хозяйстве, тыс. ед.	186,4	184,2	181,7	178,3	174,9

Представленные в таблице 2 данные, свидетельствуют о наличии негативной динамики инвестиционной активности МСП в АПК. Доля малых форм хозяйствования в общем объеме инвестиций за период 2021-2025 гг. снизилась с 7,2% в 2021 году до 5,8% в 2025 году. Объем инвестиций в МСП АПК сократился с 37,5 млрд. руб. до 35,0 млрд. руб. Индекс физического объема инвестиций в МСП АПК в 2024-2025 гг. составил 92,4% и 93,1% соответственно, что свидетельствует о спаде инвестиционной активности.

Также обращает на себя внимание то обстоятельство, что продолжает расти степень износа основных фондов в сельском хозяйстве. В 2025 г. степень износа основных фондов в сельском хозяйстве достигла 43,1%, что ограничивает возможности для расширенного воспроизводства и модернизации. За период 2021-2025 гг. также наблюдается снижение количества субъектов МСП в сельском хозяйстве, со 186,4 тыс. ед. в 2021 году до 174,9 тыс. ед. в 2025 году.

Ведущим инструментом стимулирования инвестиционной активности в АПК остается государственная поддержка. В 2025 году на реализацию четырех государственных программ, курируемых Минсельхозом, было направлено 665,1 млрд. рублей, освоение выделенных средств составило 99,67% [10]. Портфель инвестиционных кредитов в АПК составляет 1,8 трлн. рублей, по итогам 2025 года привлечены новые инвестиционные кредиты на сумму 490 млрд. рублей [11].

В таблице 3 представлены данные об объеме государственной поддержки АПК и грантовой поддержки малых форм хозяйствования в 2021-2025 гг.

Таблица 3
Объем государственной поддержки АПК и грантовой поддержки малых форм хозяйствования в 2021-2025 гг. [10]

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Общий объем государственной поддержки АПК, млрд. руб.	256,4	380,0	540,0	558,6	665,1
в том числе:					
на поддержку малых форм хозяйствования, млрд. руб.	12,0	13,5	14,8	15,0	15,0
Гранты «Агростартап», млрд. руб.	3,5	3,8	4,0	4,1	4,2
Гранты на развитие семейных ферм, млрд. руб.	5,2	5,5	5,8	6,0	6,2
Субсидии на развитие сельской кооперации, млрд. руб.	3,3	4,2	5,0	4,9	4,6
Количество получателей грантов, тыс. ед.	2,8	3,0	3,1	3,0	2,9

Представленные в таблице 3 данные, свидетельствуют о том, что общий объем государственной поддержки АПК за 2021-2025 гг. увеличился почти в 2,6 раза, с 256,4 млрд. руб. до 665,1 млрд. руб. Однако поддержка малых форм хозяйствования росла значительно медленнее, с 12,0 млрд. руб. до 15,0 млрд. руб. (в 1,25 раза). При этом, за период 2021-2025 гг. доля МФХ в общем объеме государственной поддержки снизилась с 4,7% в 2021 году до 2,3% в 2025 году, что свидетельствует о перераспределении бюджетных средств в пользу крупных и средних предприятий.

Основываясь на проведенном анализе, можно выделить несколько групп проблем, сдерживающих инвестиционную активность субъектов МСП в АПК:

1. Финансово-экономические проблемы:

- Высокая стоимость кредитных ресурсов и ужесточение требований банков к заемщикам. Ставки по льготным кредитам существенно выросли, получать их стало сложнее.

- Ограниченный доступ к бюджетным средствам, которые выделяются преимущественно крупным и средним предприятиям, участвующим в целевых государственных программах.

- Низкая рентабельность производства, особенно в животноводстве, что ограничивает возможности самофинансирования инвестиций [3, с. 121].

2. Организационно-управленческие проблемы:

- Бюрократические барьеры при получении государственной поддержки, сложность оформления заявок и отчетности [1, с. 58].

- Недостаточная информированность фермеров о существующих мерах государственной поддержки, низкий уровень навыков работы с государственными информационными системами.

- Отсутствие общего подхода в предоставлении государственной поддержки на федеральном и региональном уровнях, дублирование функций различных институтов поддержки [4, с. 14].

3. Инфраструктурные проблемы:

- Нехватка площадок, пригодных для организации производств, с наличием необходимой инфраструктуры.

- Слабое развитие сети дорожных и коммунальных коммуникаций, особенно в отдаленных сельских территориях, что увеличивает транспортные расходы и снижает инвестиционную привлекательность.

- Сокращение численности населения в сельской местности, что сужает рынок труда и потребительский спрос.

4. Институциональные проблемы:

- Отсутствие эффективных механизмов государственно-частного партнерства в аграрной сфере.

- Недостаточное развитие кооперативных финансовых институтов, которые могли бы аккумулировать средства мелких сельхозпроизводителей.

- Слабая защита прав инвесторов и высокие риски вложения капитала в сельское хозяйство [5, с. 152].

Обсуждение

Полученные результаты исследования свидетельствуют о наличии ряда проблем для инвестиционной активности субъектов МСП в АПК. Несмотря на то, что государство декларирует приоритетность поддержки малых форм хозяйствования, на практике доля МСП в общем объеме инвестиций сферы АПК остается крайне низкой, наблюдается тенденция к снижению инвестиционной активности. При этом общий объем государственной поддержки АПК за период 2021-2025 гг. вырос в 2,6 раза, однако поддержка МФХ увеличилась лишь в 1,25 раза, что привело к снижению их доли в общем объеме государственной поддержки.

Сравнение с зарубежным опытом показывает, что в развитых странах (США, Китай, страны ЕС) государственная поддержка малых сельхозпроизводителей носит более системный и адресный характер. Например, в США действуют программы прямых выплат фермерам, компенсирующие убытки, связанные с климатическими и погодными условиями, а также программы льготного налогообложения и страхования. В Китае введены субсидии на производство молока, прямые выплаты фермерам, выращивающим зерновые культуры, предоставляются льготные кредиты [3, с. 122].

По результатам проведенного исследования, представляется необходимым провести совершенствование организационно-экономического механизма регулирования инвестиционной деятельности в АПК. В качестве основных инструментов могут выступать выделение бюджетных средств, бюджетных кредитов, гарантий коммерческим банкам по возврату кредитов, частичная уплата процентов по кредитам, предоставление инвестиционного налогового кредита, стимулирование развития финансово-промышленных компаний и других форм объединения предприятий комплекса.

Заключение

Установлено, что инвестиционная активность субъектов МСП в АПК остается недостаточно высокой. В структуре инвестиций в основной капитал сельского хозяйства преобладают собственные средства предприятий, доля привлеченных средств, включая кредиты и бюджетные средства, не превышает 31,6%. Это ограничивает возможности расширенного воспроизводства и модернизации основных фондов.

Сделан вывод о том, что к числу основных проблем, сдерживающих инвестиционную активность МСП в АПК, относятся высокая стоимость кредитных ресурсов и ограниченный доступ к ним; бюрократические барьеры при получении государственной поддержки; недостаточная информированность фермеров; нехватка производственных площадок и инфраструктуры; слабое развитие кооперативных финансовых институтов и механизмов государственно-частного партнерства.

Представляется, что совершенствование организационно-экономического механизма регулирования инвестиционной деятельности в АПК должно быть направлено на расширение источников финансирования и повышение их доступности; упрощение процедур получения государственной поддержки; развитие кооперативных финансовых институтов; стимулирование государственно-частного партнерства; поддержку сельскохозяйственной науки и цифровой трансформации отрасли. Реализация предложенных мер позволит повысить инвестиционную активность субъектов МСП в АПК, обеспечить устойчивый рост аграрного производства, ускорить импортозамещение и улучшить социально-экономическое положение сельских территорий.

Литература

1. Бородин К. Г., Фролова Е. Ю., Задорожная Е. А. Активизация инвестиционных процессов в фермерских хозяйствах // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 9. С. 57–63.

2. Векленко В. И., Долгополов А. В. Совершенствование организационно-экономического механизма регулирования инвестиционной деятельности в АПК // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 168-173.

3. Грузков И. В., Довготько Н. А., Мамедов А. А. Государственная поддержка развития агропромышленного комплекса России: состояние, тенденции, проблемы, решения // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 10, № 11. С. 117–128.

4. Копытова Е. Д., Просуков С. С. Проблемы функционирования малого и среднего предпринимательства в контексте обеспечения пространственного развития региона // Проблемы развития территории. 2025. Т. 29, № 3. С. 10–37.

5. Лахно В. В., Волошин В. В., Азиева З. И. Инвестиционные механизмы и модели привлечения капитала в малые формы хозяйствования // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2025. № 7. С. 150–158.

6. Маслова В. В., Зарук Н. Ф., Авдеев М. В. Модель инвестиционного развития в целях обеспечения устойчивого роста аграрной экономики // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 8. С. 12–20.

7. Минакова И. В., Кравченко Т. С., Бухвостов Ю. В., Галигузов В. И. Инвестиционное обеспечение малых форм хозяйствования регионального агропромышленного комплекса // Регион: системы, экономика, управление. 2021. № 2 (53). С. 109–119.

8. Музалев С. В., Абдикеев Н. М. Математические методы управления инвестициями в сельском хозяйстве // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 12. С. 123–130.

9. Пименова Н. Б., Гоголев И. М., Марковина Е. В. Роль и значение инвестиций в развитии аграрного сектора экономики // Менеджмент: теория и практика. 2024. № 1-2. С. 24-30.

10. Государственная поддержка АПК: итоги 2025 года // Агроинвестор. - URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/ (дата обращения: 30.09.2026).

11. Гранты «Агростартап»: итоги и перспективы // Минсельхоз России. URL: https://mcx.gov.ru/press-service/news/ (дата обращения: 30.09.2026).

12. Россельхозбанк представил рейтинг регионов и федеральных округов по инвестициям в АПК // Россельхозбанк. URL: https://www.rshb.ru/news/ (дата обращения: 30.09.2026).

Assessment of investment activity of small and medium-sized enterprises in the agro-industrial complex

Egikyan A.R.
Melitopol State University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

This article focuses on assessing the investment activity of small and medium-sized enterprises (SMEs) within Russia's agro-industrial complex (AIC). The study is driven by the need to ensure national food security, facilitate import substitution of agricultural products, and foster the sustainable development of rural areas amidst current economic challenges. Particular attention is paid to analyzing the dynamics and sources of fixed capital investment by small-scale agricultural entities, as well as identifying the obstacles hindering SME investment activity. The study aims to provide a comprehensive assessment of SME investment activity in the AIC and to develop practical recommendations for boosting it. The research methodology relies on a systems approach incorporating statistical and comparative analysis. The findings indicate that, despite an increase in the absolute volume of state support, the share of SMEs in total AIC investment remains low, with a noticeable downward trend in investment activity. The article proposes measures to improve the organizational and economic mechanism for regulating investment in the AIC sector; these include developing cooperative financial institutions, expanding public-private partnership instruments, and simplifying access to state support measures.

Keywords: investments, investment activity, small businesses, agro-industrial complex, state support, peasant (farm) households, sources of financing, investment attractiveness.

References

1. Borodin K. G., Frolova E. Yu., Zadorozhnaya E. A. Boosting investment processes in farms // Economics of Agriculture of Russia. 2024. No. 9. P. 57–63.

2. Veklenko V. I., Dolgopolov A. V. Improving the organizational-economic mechanism for regulating investment activity in the agro-industrial complex // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2024. No. 4. P. 168–173.

3. Gruzkov I. V., Dovgotko N. A., Mamedov A. A. State support for the development of Russia's agro-industrial complex: status, trends, problems, and solutions // Economics and Management: Problems, Solutions. 2024. Vol. 10, No. 11. P. 117–128.

4. Kopytova E. D., Prosukov S. S. Challenges facing small and medium-sized enterprises in the context of ensuring regional spatial development // Problems of Territory's Development. 2025. Vol. 29, No. 3. P. 10–37.

5. Lakhno V. V., Voloshin V. V., Azieva Z. I. Investment mechanisms and models for attracting capital to small-scale agricultural enterprises // Innovative Economy: Information, Analytics, Forecasts. 2025. No. 7. P. 150–158.

6. Maslova V. V., Zaruk N. F., Avdeev M. V. An investment development model to ensure sustainable growth of the agrarian economy // Economics of Agriculture of Russia. 2024. No. 8. P. 12–20. 7. Minakova I. V., Kravchenko T. S., Bukhvostov Yu. V., Galiguzov V. I. Investment support for small-scale farming entities in the regional agro-industrial complex // Region: Systems, Economy, Management. 2021. No. 2 (53). P. 109–119.

8. Muzalev S. V., Abdikeev N. M. Mathematical methods for investment management in agriculture // Economics of Agriculture of Russia. 2024. No. 12. P. 123–130.

9. Pimenova N. B., Gogolev I. M., Markovina E. V. The role and significance of investments in the development of the agricultural sector // Management: Theory and Practice. 2024. No. 1–2. P. 24–30.

10. State support for the agro-industrial complex: results of 2025 // Agroinvestor. – URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/ (accessed: 30.09.2026).

Эволюция института оценивания высшего образования в КНР: от директивного планирования к рейтинговой конкуренции

Ван Кайпэн
аспирант, Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова", 793688546@qq.com

Предметом исследования выступает институт оценивания высшего образования в Китайской Народной Республике и логика его исторической трансформации. Цель работы состоит в объяснении перехода от директивного отбора университетов к конкуренции за позиции в рейтингах средствами институциональной теории и теории квазирынков. Методологическую основу составили историко-логический, институциональный и сравнительный методы. Показано, что смена механизма координации не означала замещения плана рынком, поскольку государство сохранило контроль над критериями успеха и делегировало конкурентной процедуре только распределение статуса. Выделены фазы институционализации оценивания и систематизированы эмпирические свидетельства эффектов рейтинговой конкуренции, включая закрепление стратификации, расхождение политики и практики, асимметрию реакции абитуриентов. Обоснован вывод о том, что корректирующая реформа 2020 года перераспределяет оценочную власть, но не отменяет метрическую логику координации.

Ключевые слова: институт оценивания, высшее образование КНР, квазирынок, рейтинговая конкуренция, проект 985, «Двойной первоклассный», эффект Гудхарта, институциональная экономика

Введение

За три десятилетия высшее образование Китая прошло путь, который в европейской истории занял столетие. Система, обслуживавшая узкий слой будущих управленцев и инженеров, стала массовой, а состав выпускников оказался плотно подогнан к отраслевой структуре хозяйства [1]. Рост такого масштаба поставил вопрос о том, по какому основанию государство распределяет между университетами деньги, автономию и право называться лучшими. Ответ даёт институт оценивания, то есть совокупность правил, посредством которых внешний субъект соотносит деятельность университета с эталоном и связывает результат с распределением ресурсов. Именно связка оценки и ресурса превращает оценивание в механизм координации, конкурирующий с ценовым и с директивным.

Китайский случай интересен тем, что за короткий срок в нём сменились два таких механизма. Сначала государство прямо назначало ведущие университеты, затем перешло к процедурам, внешне напоминающим конкуренцию, в которых статус приходится подтверждать периодически. Переход обычно описывают как движение от плана к рынку, однако точнее рамка квазирынка, где государство остаётся монопольным покупателем и одновременно автором критериев качества [2].

Цель статьи состоит в объяснении этой эволюции как смены механизма координации и в выявлении её экономических следствий.

Оценивание как институт координации

Высшее образование редко координируется чистым рынком, поскольку продукт слабо наблюдаем, качество проявляется с лагом, а часть выгод достаётся не покупателю, а обществу. Дж. Ле Гран описал возникающую конструкцию как квазирынок, в котором сохраняется конкуренция поставщиков, но отсутствуют два признака обычного рынка, а именно самостоятельный платящий потребитель и свободное ценообразование [2]. Соперничество идёт за бюджетные средства, распределяемые по итогам отбора, и показатель занимает место, принадлежащее на рынке цене.

Замещение сталкивается с эффектом Гудхарта, так, в работе [3] показано, что показатель, превращённый в цель управления, перестаёт быть надёжной мерой явления, ради измерения которого вводился. Университет оптимизирует не намерение регулятора, а его оценку, поэтому измерение продуктивности числом статей в индексируемых журналах делает рациональным наращивание статей за счёт неизмеряемых задач.

В работе [4] показано, что таблицы лиг стали фактором управленческих решений, поскольку университеты перестраивают приоритеты и расходы под логику индикаторов, а правительства видят в позициях своих вузов показатель национальной конкурентоспособности. Рейтинг распределяет ограниченный запас репутации, так что выигрыш одного участника означает проигрыш другого. Гипотеза состоит в том, что, если государство сохраняет за собой определение критериев и остаётся основным источником средств, конкурентные процедуры не создают рынка, а меняют способ администрирования и усиливают зависимость университетов от регулятора.

Директивная фаза и её институциональная логика

Исходная конфигурация оценивания продолжала плановую модель, при которой университет был исполнителем отраслевого задания. Организационная основа этой логики сохраняется, поскольку в государственных вузах действует система ответственности ректора под руководством партийного комитета, а стратегические решения принимаются в административной вертикали [5].

Первым шагом к селективному распределению ресурсов стал проект 211, начатый в 1995 году, а три года спустя проект 985 с задачей создания университетов мирового класса. В работе [6] показано, что в 1999–2003 годах центральное правительство направило 14 млрд юаней 34 университетам, а в 2004–2007 годах объём вырос до 18,9 млрд юаней при расширении круга получателей до 39 университетов, причём Пекинский университет и Университет Цинхуа получили по 1,8 млрд юаней против 0,1–0,6 млрд у большинства остальных. Отбор был однократным, а пребывание в списке не требовало подтверждения, поэтому возникала рента положения, слабо связанная с текущей результативностью. Попытки оценить чистый вклад такой поддержки квазиэкспериментально показали, что выделение эффекта программы на фоне общего роста системы само составляет методологическую проблему [7].

Параллельно складывался контур, обращённый к качеству обучения. В работе [8] описаны механизмы обеспечения качества как процедуры с пятилетней периодичностью, в которых студент выступал скорее продуктом подготовки, чем потребителем услуги, а академическое сообщество воспринимало систему прежде всего как инструмент государственного контроля. Ни один из контуров не создавал конкуренции, поскольку результат первого был предрешён списком, а результат второго имел бинарный характер. Фазы институционализации оценивания высшего образования КНР приведены в таблице 1.

Таблица 1
Фазы институционализации оценивания высшего образования КНР

Параметр	Фаза 1 Директивное назначение	Фаза 2 Дезагрегированная аттестация	Фаза 3 Рейтинговая конкуренция
Механизм координации	Административное назначение	Контроль соответствия нормативам	Состязание по единой шкале
Связь оценки с ресурсом	Целевые трансферты по утверждённому списку	Допуск к деятельности и репутационный эффект	Пересмотр состава участников по итогам цикла
Срок действия статуса	Бессрочный	Пятилетний цикл проверки	Пятилетний цикл с ротацией
Охват	34 вуза и 14 млрд юаней в 1999–2003 гг., 39 вузов и 18,9 млрд юаней в 2004–2007 гг.	Аттестация с пятилетней периодичностью, подготовка воспринимается как обременительная	137 вузов, около 4,7 % от 2914 вузов страны
Основной риск	Рента положения вне связи с результативностью	Формализация отчётности	Искажение поведения под показатель

Составлено по материалам [3; 6; 8; 10]

Данные таблицы 1 показывают, что смена фаз затронула не столько объект оценивания, сколько способ связи оценки с ресурсом, и периодическое подтверждение статуса создало постоянный стимул улучшать измеряемые характеристики.

Переход к конкурентной процедуре

Институциональный сдвиг подготовила аттестация дисциплин первого уровня, сила которой состояла в дезагрегации, так как слабый в целом вуз мог отличиться по отдельному направлению. Согласно исследованию [9], возникает вопрос, способна ли такая схема одновременно поощрять превосходство и сохранять разнообразие профилей, поскольку единая шкала подталкивает к однотипности.

Завершением движения стала инициатива «Двойной первоклассный» 2017 года. Согласно работе [10], статус университета мирового класса получили 42 вуза, первоклассные дисциплины признаны ещё у 95, так что программа охватила 137 учреждений, или около 4,7 % от 2914 вузов страны, а состав участников подлежит корректировке по итогам пятилетних циклов. Последний пункт отличает инициативу от предшественников, поскольку принадлежность к элите перестала быть бессрочной. Второй круг, начавшийся в 2022 году, соединил усиление государственного регулирования с динамическим отбором, допускающим и включение новых участников, и исключение прежних [11].

Какая шкала определяет поведение вузов, согласно исследованию [12]. Глобальные рейтинги отслеживаются, но уступают по влиянию национальной дисциплинарной аттестации, итоги которой прямо связаны с финансированием. Квазирынок оказывается двухслойным, поскольку внешний слой обслуживает репутацию страны, а внутренний распределяет ресурсы. Обратная связь замыкается через абитуриента. В работе [13] показано, что рост позиции дисциплины повышает её привлекательность для поступающих, а падение сказывается сильнее эквивалентного роста, и эта асимметрия делает защиту достигнутого выгоднее рискованных проектов.

Экономические эффекты рейтинговой конкуренции

Первый эффект касается связи между статусом и результативностью. Подушевое финансирование элитных китайских университетов превышало финансирование остальных в 2,3 раза при более низкой отдаче на вложенный ресурс, и заключили, что классификация опирается не на результативность, а на административную иерархию и исторический прецедент [14]. Это согласуется с наблюдением о том, что вузы второго и третьего эшелонов наращивали публикации быстрее двух ведущих университетов даже с поправкой на ресурсы [6].

Также существует эффект, относящийся к расхождению между декларируемым и фактическим поведением. Ответ ведущих университетов на инициативу «Двойной первоклассный» описывается как декаплинг, то есть разрыв между формальным принятием политики и её реальным исполнением, проявившийся в закрытии слабых программ, приоритете естественных и инженерных наук в ущерб гуманитарному знанию, перетоке исследователей с запада на восток страны и найме временных сотрудников ради публикационного потока [15]. Эти реакции рациональны для университета и разрушительны для целей политики, что является примером эффекта Гудхарта [3].

Объём бюджета объясняет лишь около половины продвижения университета в рейтинге, а остальное приходится на символический капитал участия в государственных программах и на диверсификацию доходов [16]. Участие в программе превосходства производит актив, отделимый от денежного потока, и университет конкурирует за отнесение к категории, которая сама снижает издержки привлечения студентов и преподавателей. Эмпирические свидетельства экономических эффектов рейтинговой конкуренции в высшем образовании КНР сведены в таблице 2.

Составлено по материалам [13-17]

Таблица 2
Эмпирические свидетельства экономических эффектов рейтинговой конкуренции в высшем образовании КНР

Эффект	Проявление и количественная оценка
Расхождение статуса и отдачи	Подушевое финансирование элитных вузов выше в 2,3 раза при более низкой отдаче на вложенный ресурс
Декаплинг политики и практики	Закрытие и слияние слабых программ, переток исследователей на восток, наём временных исследователей
Асимметрия реакции спроса	Падение позиции дисциплины снижает привлекательность сильнее, чем равный рост её повышает
Обособление статуса от денег	Объём бюджета объясняет около половины продвижения в рейтинге, остальное — символический капитал программ
Перераспределение оценочной власти	Рост дискреции руководства и значения личных связей после снижения роли формальных показателей

Данные таблицы 2 не позволяют утверждать строгую причинную связь, так как часть оценок получена на наблюдательных данных, но направление эффектов устойчиво воспроизводится в работах с разной методикой.

Корректирующий поворот и пределы метрической координации

Курс на отказ от единственных критериев предполагал снижение веса числа статей в индексируемых журналах, титулов и должностей при оценке научной работы. Замена объективных измерителей субъективным суждением расширила дискреционные полномочия руководства и академической элиты, повысила значение личных связей и, вопреки риторике автономии, усилила влияние государства на выбор исследовательских приоритетов [17].

Показатель искажает поведение, но он же ограничивает произвол оценщика, и отказ от него устраняет первое свойство вместе со вторым, оставляя выбор между издержками искажения и издержками дискреции. Ни одна из фаз не выводит китайскую систему за пределы административной координации, поскольку меняется техника, которой государство сообщает, что считается успехом, но не меняется субъект, определяющий его содержание.

Заключение

Институт оценивания высшего образования КНР прошёл путь от административного назначения ведущих университетов к периодическому подтверждению статуса в сопоставлении с другими. Переход можно описывать не как замещение плана рынком, а как движение к квазирыночной координации, при которой государство сохраняет монополию на определение критериев и остаётся основным источником средств, делегируя конкурентной процедуре только распределение статуса.

Конфигурация создаёт воспроизводимый набор следствий, так, ресурсы концентрируются в вершине иерархии без пропорционального прироста отдачи, университеты отвечают приспособлением, разрывающим связь между формальным соответствием и содержанием деятельности, а статус превращается в актив, лишь наполовину сводимый к финансированию. Корректирующая реформа не устранила проблему, а переместила её, поскольку сокращение искажений от погони за метрикой оплачено расширением дискреции оценивающих.

Литература

1. Донецкая С. С. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги / С. С. Донецкая, Ц. Цзи // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27, № 12. – С. 79–92.
2. Le Grand J. Quasi-Markets and Social Policy / J. Le Grand // The Economic Journal. – 1991. – Vol. 101, № 408. – P. 1256–1267.
3. Ashwin P. Developing effective national policy instruments to promote teaching excellence: evidence from the English case / P. Ashwin // Policy Reviews in Higher Education. – 2021. – Vol. 6. – P. 1–19.
4. Hazelkorn E. How Rankings are Reshaping Higher Education / E. Hazelkorn // Los Rankings Univeritarios. Mitos y Realidades / eds. V. Climent, F. Michavila, M. Ripolles. – 2013. – 9 p.
5. Донецкая С. С. Высшее образование в Китае: особенности системы управления в ведущих вузах страны / С. С. Донецкая, Б. Ван // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 150–167.
6. Zhang H. Building global-class universities: Assessing the impact of the 985 Project / H. Zhang, D. Patton, M. Kenney // Research Policy. – 2013. – Vol. 42, № 3. – P. 765–775.
7. Zong X. Establishing world-class universities in China: deploying a quasi-experimental design to evaluate the net effects of Project 985 / X. Zong, W. Zhang // Studies in Higher Education. – 2019. – Vol. 44. – P. 1–15.
8. Wang L. Quality assurance in higher education in China: Control, accountability and freedom / L. Wang // Policy and Society. – 2014. – Vol. 33, № 3. – P. 253–262.
9. Dong X. Governance for excellence and diversity? The impact of central and regional affiliation for the strategic positioning of Chinese top universities / X. Dong, P. Maassen, B. Stensaker, X. Xu // Higher Education. – 2020. – Vol. 80. – DOI 10.1007/s10734-020-00516-3.
10. Liu X. The “Double First Class” Initiative under Top-Level Design / X. Liu // ECNU Review of Education. – 2018. – Vol. 1, № 1. – P. 147–152.

11. Zheng G. Critical Policy Analysis of the Second Round of the Double First-Class Initiative in China / G. Zheng, W. Li // ECNU Review of Education. – 2025. – Vol. 8, № 3. – P. 704–724.
12. Allen R. M. Adding an international lens to the university striving model: How both global and national indicators influence the Chinese higher education hierarchy / R. M. Allen // International Journal of Chinese Education. – 2021. – Vol. 10, № 1. – Art. 22125868211006201.
13. Jin Y. Talent Training Mechanism of Carbon Peak and Carbon Neutralization in New Liberal Arts: A Chinese Perspective / Y. Jin, X. Zhu, W. Wang // Asian Journal of Education and Social Studies. – 2024. – Vol. 50. – P. 424–431.
14. Shu F. The institutionalized stratification of the Chinese higher education system / F. Shu, C. R. Sugimoto, V. Larivière // Quantitative Science Studies. – 2021. – Vol. 2, № 1. – P. 327–334.
15. Liu J. Pursuing World-Class Universities: Managerial Challenges under China's Double First-Class Initiative / J. Liu // The Development of Humanities and Social Sciences. – 2025. – Vol. 1. – P. 20–36.
16. Донецкая С. С. Финансирование ведущих китайских университетов: размер имеет значение? / С. С. Донецкая, Б. Лян // Высшее образование в России. – 2024. – Т. 33, № 11. – С. 149–168.
17. Zhao K. Reconfiguring power: a field analysis of China's research evaluation reform / K. Zhao, J. Li, H. Liang // Higher Education. – 2026. – Vol. 91, № 4. – P. 1469–1486.

Evolution of the institution of higher education assessment in the PRC: from directive planning to ranking competition

Wang Kaipeng
Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The subject of the study is the institution of higher education assessment in the People's Republic of China and the logic of its historical transformation. The aim is to explain the transition from the directive selection of universities to competition for ranking positions by means of institutional theory and the theory of quasi-markets. The methodological basis was formed by historical-logical, institutional and comparative methods. It is shown that the change of the coordination mechanism did not mean the replacement of the plan by the market, since the state retained control over the criteria of success and delegated only the distribution of status. The phases of institutionalization are identified and empirical evidence of the effects of ranking competition is systematized, including stratification, policy decoupling and the asymmetric response of applicants. It is concluded that the corrective reform of 2020 redistributes evaluative power but does not abolish the metric logic of coordination.

Keywords: institution of assessment, higher education in the PRC, quasi-market, ranking competition, Project 985, Double First-Class, Goodhart's law, institutional economics.

References

1. Donetskaya S. S. Reforming the higher education system in China: modern results / S. S. Donetskaya, C. Ji // Higher Education in Russia. – 2018. – Vol. 27, No. 12. – P. 79–92.
2. Le Grand J. Quasi-Markets and Social Policy / J. Le Grand // The Economic Journal. – 1991. – Vol. 101, No. 408. – P. 1256–1267.
3. Ashwin P. Developing effective national policy instruments to promote teaching excellence: evidence from the English case / P. Ashwin // Policy Reviews in Higher Education. – 2021. – Vol. 6. – P. 1–19.
4. Hazelkorn E. How Rankings are Reshaping Higher Education / E. Hazelkorn // Los Rankings Univeritarios. Mitos y Realidades / eds. V. Climent, F. Michavila, M. Ripolles. – 2013. – 9 p.
5. Donetskaya S. S. Higher education in China: features of the management system in the country's leading universities / S. S. Donetskaya, B. Wang // RUDN Journal of Sociology. – 2022. – Vol. 22, No. 1. – P. 150–167.
6. Zhang H. Building global-class universities: Assessing the impact of the 985 Project / H. Zhang, D. Patton, M. Kenney // Research Policy. – 2013. – Vol. 42, No. 3. – P. 765–775.
7. Zong X. Establishing world-class universities in China: deploying a quasi-experimental design to evaluate the net effects of Project 985 / X. Zong, W. Zhang // Studies in Higher Education. – 2019. – Vol. 44. – P. 1–15.
8. Wang L. Quality assurance in higher education in China: Control, accountability and freedom / L. Wang // Policy and Society. – 2014. – Vol. 33, No. 3. – P. 253–262.
9. Dong X. Governance for excellence and diversity? The impact of central and regional affiliation for the strategic positioning of Chinese top universities / X. Dong, P. Maassen, B. Stensaker, X. Xu // Higher Education. – 2020. – Vol. 80. – DOI 10.1007/s10734-020-00516-3.
10. Liu X. The "Double First Class" Initiative under Top-Level Design / X. Liu // ECNU Review of Education. – 2018. – Vol. 1, No. 1. – P. 147–152.
11. Zheng G. Critical Policy Analysis of the Second Round of the Double First-Class Initiative in China / G. Zheng, W. Li // ECNU Review of Education. – 2025. – Vol. 8, No. 3. – P. 704–724.
12. Allen R. M. Adding an international lens to the university striving model: How both global and national indicators influence the Chinese higher education hierarchy / R. M. Allen // International Journal of Chinese Education. – 2021. – Vol. 10, No. 1. – Art. 22125868211006201.
13. Jin Y. Talent Training Mechanism of Carbon Peak and Carbon Neutralization in New Liberal Arts: A Chinese Perspective / Y. Jin, X. Zhu, W. Wang // Asian Journal of Education and Social Studies. – 2024. – Vol. 50. – P. 424–431.
14. Shu F. The institutionalized stratification of the Chinese higher education system / F. Shu, C. R. Sugimoto, V. Larivière // Quantitative Science Studies. – 2021. – Vol. 2, No. 1. – P. 327–334.
15. Liu J. Pursuing World-Class Universities: Managerial Challenges under China's Double First-Class Initiative / J. Liu // The Development of Humanities and Social Sciences. – 2025. – Vol. 1. – P. 20–36.
16. Donetskaya S. S. Financing leading Chinese universities: does size matter? / S. S. Donetskaya, B. Liang // Higher Education in Russia. – 2024. – Vol. 33, No. 11. – P. 149–168.
17. Zhao K. Reconfiguring power: a field analysis of China's research evaluation reform / K. Zhao, J. Li, H. Liang // Higher Education. – 2026. – Vol. 91, No. 4. – P. 1469–1486.

Стратегические направления цифровой трансформации экономики России в условиях внешних вызовов

Кудряшова Юлия Сергеевна
к.и.н., доцент кафедры экономической теории, МГИМО МИД России

Цифровизация экономик на сегодняшний день рассматривается как технологический шок, который затрагивает основные экономические показатели, в частности, конкуренцию, производительность и занятость, а также оказывает влияние на взаимодействие с институтами и управлением. Цифровая трансформация российской экономики в условиях санкций требует от государства и промышленности активных мер по стимулированию технологического прогресса. На основе оценки текущих государственных программ поддержки и ответных действий отечественного бизнеса, автором диагностированы ключевые барьеры цифровой трансформации экономики в настоящее время. Итогом проведенного исследования является формализация стратегических векторов развития цифровой экономики России, предусматривающих переход от базового импортозамещения программного обеспечения к созданию собственной производственной цепочки микроэлектроники, децентрализации инновационных кластеров, глубокому внедрению искусственного интеллекта и выстраиванию новых геополитических технологических партнерств.
Ключевые слова: цифровизация, экономика, Россия, санкции, искусственный интеллект, программное обеспечение, льготы, поддержка.

Постановка проблемы

Цифровые технологии ускорили появление Индустрии 4.0, изменили способ и форму промышленного производства, они также способствуют трансформации и модернизации экономики, стимулируя инновации в продуктах, повышая эффективность операций и создавая основу для противостояния внешним потрясениям [1]. Иными словами, можно сказать, что современная эпоха цифровой трансформации оказала значительное влияние на экономическую активность в различных отраслях, а цифровые транзакции становятся все более распространенными.

Страны, активно поддерживающие и прошедшие процесс цифровизации, находятся в более выгодном положении, поскольку они начинают внедрять или разрабатывать новые технологии на раннем этапе, при этом сталкиваясь с меньшим количеством проблем, связанных с адаптацией существующих систем [2]. Однако несмотря на то, что сегодня в мире существует множество примеров успешного внедрения цифровых технологий на национальном уровне, ряд государств по-прежнему отстают в этом процессе. Прогресс в области цифровизации можно анализировать с помощью широкого ряда показателей, в том числе уровня использования интернета, доли добавленной стоимости цифровой экономики в ВВП, показателей производительности труда и инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Итак, можно с уверенностью утверждать, что современная эпоха цифровой трансформации радикально меняет мировую экономику, и Россия уверенно занимает позиции одного из лидеров в этом процессе. Это наглядно показано на рисунке 1, где представлены масштабные валовые внутренние расходы на развитие отечественной цифровой экономики.



Рис. 1 Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики в России
Источник: составлено автором по данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ «Индикаторы цифровой экономики: 2024–2026», а также отчетов Росстата

Подобные стабильные инвестиции в инфраструктуру позволяют не только повышать эффективность бизнеса, но и укреплять свои позиции на международной арене. В то же время следует отметить, что тема цифровой трансформации российской экономики в контексте обеспечения технологического суверенитета в настоящее время особенно актуальна в связи с растущим влиянием глобальных потрясений, среди которых ключевыми являются санкционные ограничения, технологические барьеры и киберугрозы.

Государства перестраивают глобальную цифровую экономику, стремясь контролировать цепочку создания стоимости в сфере технологических инноваций. Действуя вне рамок многосторонних институтов, они применяют такие меры, как экспортный контроль на передовые полупроводники, партнерство в области инфраструктуры и полный запрет на иностранные цифровые платформы. С 2022 года около десятка отраслей российской экономики подвергаются экономическому давлению со стороны международного сообщества. К этим отраслям относятся технологии, связанные с цифровой трансформацией, такие как квантовые вычисления, ИТ-услуги, производство и аэрокосмическая инженерия. Введены ограничения на экспорт микрочипов в Россию.

В связи с этим в более углубленном научном исследовании нуждаются вопросы формирования независимой и надежной технологической базы как основы устойчивой цифровизации экономики России в условиях геополитической напряженности и недружественных мер со стороны мирового сообщества, что и послужило основанием выбора темы данной статьи.

Анализ последних исследований и публикаций

На сегодняшний день существует обширная литература о цифровизации как движущей силе долгосрочного экономического роста. Например, взаимосвязь между цифровой трансформацией и экономической устойчивостью с упором на инклюзивное цифровое финансирование изучают Wu K., Akram F. [3], Munir S. [4], Умаханова З.Б. [5].

Влияние внешних потрясений на цифровую трансформацию, выживание и развитие предприятий подробно описано в работах Ма В., Ши С., Бо Н., Гао Ю., Юань М. [6], Балоха М. А., Цю Ю., Го Ц. [7]. В то же время анализ процесса цифровизации в различных отраслях российской экономики, динамики развития сектора информационно-коммуникационных технологий в стране, а также изучение особенностей распределения ограниченных финансовых ресурсов для поддержки цифровых инициатив входит в сферу научных интересов Прохоровой М.М. [8], Плотникова И.Н. [9], Nivorozhkin E. [10].

Хотя, как мы видим, в рассматриваемом предметном поле есть достаточно публикаций, особого внимания требуют вопросы обеспечения технологической независимости экономики России, устойчивости ее цифровой инфраструктуры и сохранения доступа предприятий к критически важным технологиям в условиях изменения международного технологического и экономического взаимодействия.

Цель статьи – охарактеризовать стратегические направления цифровой трансформации экономики России в условиях внешних вызовов.

Методы: анализ научной литературы, сравнение и синтез, систематизация теоретических подходов, обобщение научных положений, группировка.

Результаты

Технологические ограничения, налагаемые санкционными режимами и запретами на экспорт высокотехнологичного оборудования, требуют от России совершенствования стратегий долгосрочного планирования и прогнозирования, что позволит эффективно распределять ресурсы и стимулировать инновационное развитие. Действующие на сегодняшний день по отношению к России санкции включают запреты на передовые полупроводники и программное обеспечение, а также на консультационные и инженерные услуги в сфере информационных технологий [2].

Основная цель введения санкций — изменить процесс принятия решений в России, нанеся ей экономический ущерб, независимо от специфики применяемых мер. Таким образом, в условиях расширения глобальной цифровой экономики ожидается, что цифровые меры, введенные странами-инициаторами, приведут к экономическим потерям для российских предприятий и могут быть стратегически использованы недружественными странами для ослабления экономики России и ее роли на международной арене.

Очевидно, что на фоне таких действий правительство России разрабатывает собственную стратегию контроля над сферой цифровизации и цепочкой создания стоимости в сфере цифровых инноваций. Оно стремится к тому, что сегодня называется «стратегическим цифровым суверенитетом», а именно - осуществление государственной власти над ключевой цифровой инфраструктурой посредством односторонних действий или выборочных альянсов с компаниями и другими правительствами. Этот подход является стратегическим в двух отношениях.

Во-первых, он прагматичен: вместо формальных институтов, основанных на общих либеральных ценностях, Россия полагается на гибкие партнерства в дружественными государствами для обеспечения доступа к важнейшей цифровой инфраструктуре.

Во-вторых, он носит геополитический характер: суверенитет проецируется вовне с целью управления трансграничными зависимостями и внешними эффектами.

Все эти факторы подробно отражены в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», в которой подчеркивается необходимость снижения зависимости от импорта и развития отечественных технологических платформ [5]. В таблице 1 автором систематизированы реализованные на сегодняшний день меры по созданию цифрового суверенитета России, поддержки развития экономики и защиты хозяйственной системы страны в целом от санкционного давления.

Отдельно стоит отметить, что уход иностранных IT-компаний с российского рынка дал отечественным предприятиям возможность повысить собственную компетентность и уровень подготовки кадров, что в конечном итоге позволило начать международную экспансию. Сегодня российские IT-компании осваивают рынки своих партнеров по БРИКС, а также стран Ближнего Востока, Азии и Африки. На внутреннем рынке процессы цифровой трансформации стимулируют спрос на новые IT-продукты для банковского сектора, розничной торговли, образования и т. д. Особое внимание следует уделить расширению сотрудничества между отечественными IT-компаниями. Например, сегодня мы наблюдаем объединение усилий таких игроков, как «Яндекс», «ВКонтакте», ICL Techno, «Диасофт», «Лансофт» и «Базалт СПО», для разработки комплексных продуктов. Это в значительной степени помогает решить одну из серьезных проблем рынка, связанную с несовместимостью IT-решений разных компаний. Однако уровень интеграции IT-продуктов российских поставщиков все еще относительно невысок [8].

Однако, на фоне всех успехов и достижений, несомненно, есть и проблемы, а также системные уязвимости цифровой экономики России в условиях действия международных ограничений, которые пока не решены. Среди них можно выделить такие.

Главный внутренний барьер — резкая поляризация регионов. Уровень цифровой зрелости субъектов РФ распределен крайне неоднородно, из-за чего доступ к базовым электронным сервисам для бизнеса и граждан до сих пор зависит от географии. На это накладывается кадровый голод. Отрасли критически не хватает квалифицированных разработчиков и инженеров. Одновременно буксует научно-исследовательская база: без сильной исследовательской инфраструктуры внедрять передовые технологические решения сложно, а удерживать темпы инновационного развития — практически невозможно.

Таблица 1
Система мер, программ и результатов поддержки цифровизации экономики России (статистика 2023–2024 гг.) (составлено автором)

Направление поддержки	Программы и меры	Влияние на экономику
Финансовая поддержка и налоговые льготы ИТ-бизнеса	Обнуление налога на прибыль (0% до 31.12.2024, далее — 3%), снижение тарифов страховых взносов до 7,6% для аккредитованных ИТ-компаний, внедряющих российское ПО.	Доля ИТ-отрасли в ВВП России достигла 2,4% в 2024 г. (рост на 0,3%). Валовые внутренние затраты на цифровую экономику выросли с 5,5 трлн руб. (2023) до 6,7 трлн руб. (2024).
Импортозамещение ПО и технологический суверенитет	Обнуление таможенных пошлин на импортные комплектующие; упрощение сертификации; запуск национального репозитория программ с открытым исходным кодом.	Количество продуктов в Едином реестре российского ПО выросло на 22,4% в 2024 г. и превысило 25 000 единиц. Однако на сентябрь 2024 г. ИТ-инфраструктура компаний все еще на 75% состоит из зарубежных решений.
Программа ИТ-ипотеки (удержание кадров)	Продление льготной ИТ-ипотеки до 2030 года с акцентом на регионы. Исключены Москва и Санкт-Петербург. Ставка — до 5%, лимит кредита — до 9 млн руб. для всех регионов.	На обеспечение льготной ставки из федерального бюджета выделено более 180 млрд рублей до 2030 года. Требования по зарплате сохранены на уровне 100–150 тыс. рублей.
Информационная безопасность и киберзащита	Создание Национальной системы противодействия DDoS-атакам; запуск в 2024 году государственной системы сканирования российского адресного пространства на уязвимости.	Снижение рисков парализации инфраструктуры от внешних атак. Защита бесперебойности растущего числа цифровых транзакций на фоне ухода иностранных вендоров систем безопасности.
Кооперация и инвестиции в разработку комплексных продуктов	Партнерства между крупными игроками (Яндекс, ВКонтакте, ICL Techno, Diasoft, Базальт СПО) для преодоления проблемы несовместимости отечественных ИТ-решений.	Годовая динамика затрат на развитие цифровой экономики составила +21,8% в 2024 г. Компании начали экспансию на рынки БРИКС, Азии и Африки. К концу 2024 г. лишь 15–20% госкомпаний полностью завершили импортозамещение ПО.

Внешние факторы усугубляют ситуацию. Модернизацию инфраструктуры сдерживают международные санкции — прежде всего перекрытый доступ к критически важному зарубежному программному обеспечению и высокотехнологичному «железу». О масштабном эффекте этих ограничений прямо говорят и отчеты Минэкономразвития РФ, и аналитика Европейской комиссии.

Для успешного преодоления перечисленных уязвимостей требуется комплексный и системный подход. В таблице 2 автором были сформулированы приоритетные шаги для дальнейшей цифровизации экономики России.

Таблица 2
Стратегические направления цифровой трансформации экономики (составлено автором)

Стратегическое направление	Механизмы и меры	Ожидаемый эффект для цифровой экономики
Обеспечение аппаратного суверенитета	Переход от простого импортозамещения софта к созданию собственных и совместных с партнерами по БРИКС производственных цепочек микроэлектроники и передовых полупроводников.	Снижение критической зависимости от аппаратного экспортного контроля; физическая независимость национальной ИКТ-инфраструктуры от внешнего давления.
Децентрализация цифрового развития	Запуск целевых федеральных программ по выравниванию цифровой зрелости субъектов РФ; перенос части R&D-центров и стимулирование создания IT-кластеров за пределами столиц.	Устранение географического неравенства; обеспечение равного доступа к базовым электронным сервисам для бизнеса и граждан на всей территории страны.
Формирование опережающей R&D-базы	Масштабное государственное инвестирование в научно-исследовательскую инфраструктуру; адаптация высшего образования для подготовки инженеров-аппаратчиков под нужды Индустрии 5.0.	Удержание высоких темпов инновационного развития; внедрение передовых технологических решений благодаря собственной независимой исследовательской базе.
Глубокая интеграция ИИ и стандартизация	Внедрение единых национальных стандартов совместимости (API) для продуктов разных вендоров; формализация и тотальная оцифровка экосистемы бизнес-процессов на базе ИИ.	Преодоление барьеров несовместимости решений от разных поставщиков (Яндекс, ВКонтакте и др.); кратное повышение эффективности операционного управления компаниями.

Геополитическая цифровая стратегия	Формирование гибких технологических альянсов (стратегический цифровой суверенитет); расширение экспорта комплексных отечественных IT-продуктов на рынки стран Ближнего Востока, Азии и Африки.	Создание защищенной, альтернативной цепочки создания стоимости в сфере цифровых технологий вне рамок институтов, контролируемых недружественными странами.

Выводы

Общая стратегическая цель цифровой трансформации экономики России — обеспечить предприятиям устойчивость и динамичное развитие даже в условиях нестабильной внешней среды. В статье рассмотрены различные аспекты развития цифровых технологий в Российской Федерации, а также проблемы, с которыми сталкивается хозяйственная система страны на фоне действия международных ограничительных мер.

Детально освещены предпринимаемые правительством России меры, касающиеся поддержки цифровизации ключевых отраслей промышленности и развития цифровых услуг в стране. Также выделены сложности цифрового перехода, вызванные действием агрессивной внешней среды. Для решения отмеченных проблем обозначены сстратегические направления цифровой трансформации экономики России, которые охватывают комплексное формирование независимой технологической базы, преодоление внутренних структурных дисбалансов и выстраивание новой модели международного партнерства в условиях глобальных вызовов.

Литература

1. Тищенко С.В. Цифровизация российской экономики образования под влиянием санкций // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 4 (114). С. 110-120.
2. Яшин С.Н., Ким Н.В. Развитие цифровизации экономики в условиях санкций в России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. № 12. С. 1052-1057.
3. Wu K., Akram F. Digital Transformation and Sustainable Production in BRICS: Economic, Innovation and Clean-Energy Drivers of ICT-Enabled Growth // Sustainable Development. 2026. Vol. 34, Issue 5.
4. Munir S. Digital Transformation as a Moderator of Institutional Quality, Economic Development, and Social Factors in Renewable Energy Adoption: Evidence From Major Economies (1999–2023) // Journal of Public Affairs. 2026. Vol. 26, Issue 1.
5. Умаханова З.Б. Влияние санкций на финансовую безопасность государства в условиях цифровизации экономики // Учет и контроль. 2025. № 9. С. 52-67.
6. Ma W., Shi X., Bo N., Gao Y., Yuan M. Impact of Digital Economy on Natural Resources Utilization Efficiency and Its Spillover Effect in the Belt and Road Initiative Countries // Natural Resource Modeling. 2026. Vol. 39, Issue 1.
7. Baloch M. A., Qiu Y., Guo Z. Empowering sustainability practices through energy transition: The role of digital economy and technological innovation among BRICS economies // Australian Economic Papers. 2024. Vol. 63.
8. Прохорова М.М. Исследование динамики цифровой экономики в Российской Федерации // Инновации и инвестиции. 2023. № 6. С. 414-416.
9. Плотников И.Н. Основные задачи, перспективы, проблемы национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» // Инновации и продовольственная безопасность. 2025. № 1 (47). С. 130-138.
10. Nivorozhkin E. Sectoral Adaptation and Strategic Resilience: The Impact of Sanctions on Russian Corporate Performance (2014–2021) // Economics of Transition and Institutional Change. 2026. Vol. 34, Issue 2. P. 295–319.

Strategic directions for the digital transformation of the Russian economy in the face of external challenges

Kudryashova Yu.S.
MGIMO University

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The digitalisation of economies is currently viewed as a technological shock that affects key economic indicators – in particular, competition, productivity and employment – and also influences interactions with institutions and governance. The digital transformation of the Russian economy, against the backdrop of sanctions, requires proactive measures from both the state and industry to stimulate technological progress. Based on an assessment of current state support programmes and the response from domestic businesses, the author has identified the key barriers to the digital transformation of the economy at present. The outcome of this research is the formalisation of strategic vectors for the development of Russia's digital economy, envisaging a transition from basic software import substitution to the creation of a domestic microelectronics production chain, the decentralisation of innovation clusters, the deep integration of artificial intelligence, and the establishment of new geopolitical technological partnerships.

Keywords: digitalisation, economy, Russia, sanctions, artificial intelligence, software, incentives, support.

References

1. Tishchenko S.V. Digitalization of the Russian education economy under sanctions // Izvestiya of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2023. No. 4 (114). Pp. 110–120.
2. Yashin S.N., Kim N.V. Development of economic digitalization under sanctions in Russia // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. 2024. No. 12. Pp. 1052–1057.
3. Wu K., Akram F. Digital Transformation and Sustainable Production in BRICS Countries: Economic, Innovative, and Clean Energy-Related Growth Factors Driven by the Use of Information and Communication Technologies // Sustainable Development. 2026. Volume 34, Issue 5.
4. Munir S. Digital Transformation as a Factor Influencing Institutional Quality, Economic Development, and Social Factors in the Adoption of Renewable Energy Sources: Data for Leading Economies (1999–2023) // Journal of Public Affairs. 2026. Volume 26, Issue 1.
5. Umakhanova Z.B. The Impact of Sanctions on the Financial Security of the State in the Context of Economic Digitalization // Accounting and Control. 2025. No. 9. Pp. 52-67.
6. Ma W., Shi X., Bo N., Gao Y., Yuan M. The impact of the digital economy on the efficiency of natural resource use and its side effects in the countries of the "Belt and Road" initiative // Modeling of Natural Resources. 2026. Vol. 39, No. 1.
7. Baloch M. A., Qiu Y., Guo Z. Expanding opportunities for implementing sustainable development practices through the energy transition: the role of the digital economy and technological innovations in the BRICS countries // Australian Economic Papers. 2024. Vol. 63.
8. Prokhorova M.M. Research into the dynamics of the digital economy in the Russian Federation // Innovations and Investments. 2022. No. 6. Pp. 414-416.
9. Plotnikov I.N. Main tasks, prospects, and problems of the national project "Digital Economy of the Russian Federation" // Innovations and Food Security. 2025. No. 1 (47). Pp. 130–138.
10. Nivorozhkine E. Sectoral adaptation and strategic resilience: the impact of sanctions on the performance of Russian companies (2014–2021) // Economics of Transition and Institutional Changes. 2026. Vol. 34, No. 2. Pp. 295–319.

Исследование эффективности конверсии финансовых результатов под влиянием инвестиций в цифровые интеллектуальные технологии: на примере логистической компании sf express

Лю Цзицзянь
магистрант, программа EMBA, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, arseniy.vlas.s@gmail.com

В условиях углубления цифровизации и интеллектуализации мировой логистической отрасли ведущие предприятия осуществляют значительные инвестиции в цифровые интеллектуальные технологии с целью трансформации операционных моделей и повышения общей конкурентоспособности. Однако вопрос о том, приводят ли такие инвестиции к улучшению финансовых результатов и каков конкретный механизм этого влияния, не получил достаточной проверки на основе долгосрочных систематизированных данных. В качестве объекта исследования выбрана компания SF Express Co., Ltd. — типичный представитель тенденций развития китайской индустрии экспресс-доставки; рассматривается её динамическое влияние и трансмиссионный путь улучшения финансовых результатов в период 2016–2024 гг. в ходе реализации стратегической цифровизации. С применением смешанного метода исследования, сочетающего продольное кейс-исследование и количественный эмпирический анализ, в работе на основе ручной обработки многомерных данных о капитальных затратах сформирован авторский показатель интенсивности инвестиций в цифровые интеллектуальные технологии; в качестве медиативных переменных использованы удельные операционные расходы и показатель своевременной доставки за 72 часа, а в качестве основной зависимой переменной — экономическая добавленная стоимость (EVA); эмпирическая проверка выполнена методами корреляционного анализа Пирсона и анализа временных рядов. Результаты показывают, что инвестиции SF Express в цифровые интеллектуальные технологии обладают двойственной природой конверсии в финансовые результаты: на пути операционной эффективности инвестиции обеспечивают немедленное снижение затрат, а их интенсивность отрицательно коррелирует с текущими удельными операционными расходами; однако на пути трансформации совокупных финансовых результатов наблюдаются временной лаг и нелинейный эффект J-кривой. Масштабные капитальные вложения создают краткосрочную финансовую нагрузку вследствие амортизационных отчислений, а эффекты создания стоимости проявляются с задержкой; повышение качества обслуживания не приводит непосредственно к росту EVA. Исследование дополняет теоретико-методологическую базу изучения эффективности цифровой трансформации предприятий за счёт построения количественно измеримой системы оценки инвестиций в цифровые интеллектуальные технологии и проверки их долгосрочных динамических эффектов. В практическом отношении результаты создают основу для научного планирования логистическими предприятиями цикла инвестиций в цифровизацию и интеллектуализацию, оптимизации использования капитала и формирования обоснованных ожиданий относительно отдачи от инвестиций, а также предоставляют ориентиры для других типов предприятий по обеспечению позитивной конверсии инвестиций в цифровые и интеллектуальные технологии в финансовые результаты.

Ключевые слова: цифровизация и интеллектуализация, финансовые результаты, экономическая добавленная стоимость (EVA), логистическая отрасль, SF Express.

1. Introduction

The current global industry has reached a greater extent of Digitisation and Intelligence. As part of the operation of the national economy, the logistics industry has continually enhanced its new core competitiveness by continuously upgrading its operating model in response to Digitisation and intelligence. However, during the actual development process, several key issues have yet to be addressed: Can a substantial proportion of the digitisation and intelligentisation funds that enterprises are committing to really help improve their financial situation? To what degree has this conversion been achieved? And what are the particular causes of these factors? These questions have insufficient long-term continuous data support in both theoretical research and practical applications, so related studies are still lacking.

Most existing literature acknowledges the positive impact of digital transformation on enterprises' financial conditions, but there are still obvious shortcomings in specific research: measurement standards for digital and intelligent investment are not unified, there is a lack of tracking analysis on long-term development trends, and empirical verification of the transmission path through which transformation affects financial performance is insufficient. As a leading enterprise in China's logistics industry, SF Express has gradually promoted the layout of digital and intelligent strategies such as "three-network integration" and continuously increased relevant capital investment since 2016. Its public and continuous financial and operational data provide an excellent research sample to fill the aforementioned research gaps. Based on this practical background, this study focuses on analyzing how SF Express's digital and intelligent capital investment affects the conversion efficiency of financial performance and the internal mechanism involved during the period from 2016 to 2024.

Against this research background, this study clarifies its core research question: During the period from 2016 to 2024, what is the specific mechanism through which SF Express's digital and intelligent capital investment affects the conversion efficiency of its financial performance, and what dynamic effects does it exhibit?

This study holds both theoretical and practical significance. At the theoretical level, this paper constructs a clear and quantifiable measurement system for digital and intelligent investment, conducts empirical analysis using long-term longitudinal data, and further enriches the research theories and methods in the field of enterprise digital transformation performance. In particular, it supplements the deficiencies of existing research in analyzing the mechanism through which digital and intelligent investment affects financial performance and discussing time-lag effects. At the practical level, the research conclusions can provide feasible decision-making references for enterprise managers: the study finds that the return on digital and intelligent investment is not linear. A large amount of capital at first will bring enterprise transformation pain, and the promotion effect brought about by Digitalisation-and-smartness investments in cost reduction, efficiency enhancement and Value-added realization will require time to release over an extended period of operation. This conclusion can help SF Express and other companies formulate scientific investment Cycle Plans, make rational use of Funds, Set realistic conversion expectations during the planning phase of Digitisation and Automation Strategy Paths, Improve the Stability and Security of The Transformation Process, and Increase The Probability Of Success.

To conduct an in-depth analysis of the detailed influence paths and dynamic change laws of SF Express's Digitalisation and Intelligentisation Investment on its Conversion Ability of Financial Performance, we propose the following two testable Research Hypotheses:

H1 (Hypothesis about the immediate and sustained effects of cost efficiency): SF Express's Digitalisation and intelligent capital expenditure can produce a rapid cost-saving effect, which is manifested as an inverse relationship between investment intensity and current unit operating cost - The higher the investment intensity, the lower the current unit operating cost. This cost-saving effect is persistent and will help improve the operating cost efficiency in the following period.

H2 (Hypothesis on the Time-lag and Asymmetric Effects of Comprehensive Performance Conversion): The driving effect of digital and intelligent capital investment on enterprises' final financial performance (measured by EVA) does not appear immediately; instead, it exhibits complex time-lag effects, and its impact path has asymmetric characteristics.

2. Literature Review

Foreign research on logistics enterprise performance and related fields started relatively early, yielding abundant theoretical and practical achievements. Its development context clearly presents an evolutionary process of "traditional financial performance analysis — multi-dimensional factor consideration — emerging technology impact", with distinct research focuses at each stage.

Early studies focused on the influencing factors and evaluation methods of corporate financial performance. Abakpa et al. (2025) found that digital

transformation can significantly improve corporate financial indicators such as profitability and sales growth rate[1], but also pointed out the limitations of research at that time: the lack of a unified standard for measuring "digitalization", the extensive use of cross-sectional data, and insufficient research on dimensions such as technology. IOPScience (2024) suggests that at its heart, economic added value (EVA)'s focus is known as [4]. Incorporating the cost of equity capital into EVA can make it better reflect a company's value-creation ability and serve as an indomitable criterion in all sorts of performance appraisals' index standards.

With the deepening of research, scholars shifted their focus to the impact of enterprises' internal operational capabilities on financial performance. A study by Emerald Publishing (2024) revealed that the effective application of logistics knowledge can optimize supply chain management, reduce costs, and improve corporate financial performance, while pointing out the research direction of exploring the composition and mechanism of operational capabilities[2].

In recent years, foreign research on the application of new technologies in the field of logistics has gradually increased; however, most of it is still at an exploratory stage. Existing studies mostly discuss the application potential of technologies, and no clear conclusions have been reached on key issues such as how technologies are transformed into actual performance and the transmission mechanism between technology input and performance output.

Based on this, it can be determined that although foreign research perspectives have become more diverse, there are still some deficiencies; lacking a unified measurement criteria system for the effectiveness of new technologies' application; few long-term observational researches exist; Research on the interaction mechanism among technology, performance and strategy is relatively weak.

In short, some results have been achieved in foreign research; however, many issues persist. In the future, research needs to address problems of standard harmonisation, prolong the duration of studies, and examine the intersections among various factors and their joint effects.

Domestic research on the relationship between third-party logistics (3PL) service capabilities and enterprise performance has formed a mature theoretical framework and rich empirical achievements. Its evolutionary process can be divided into three stages, showing a development context of "traditional evaluation — technology integration".

Early studies focused on theoretical exploration and the construction of financial performance evaluation systems, mostly based on the Resource-Based View (RBV) and Operations Management (OM) theory. Li et al. (2016) constructed a two-order structural model, confirming that 3PL service capabilities have a positive impact on both financial and non-financial performance, and that non-financial performance plays an intermediary role[6]; Xu et al. (2014) built a financial analysis model for resource integration, and Wang (2014) constructed a financial performance evaluation system using factor analysis, providing methodological references for related research[9] [11].

With the application of information technology, research shifted to comprehensive performance evaluation and in-depth case analysis. Wang et al. (2024), based on the integrated framework of EVA and Balanced Scorecard (BSC), took SF Holding as a case study. The constructed evaluation system provides a new perspective for the research on comprehensive performance under technology empowerment.

In recent years, research has focused on the reshaping of logistics operations by emerging technologies such as big data and digital twins. Li et al. (2026) constructed a digital twin-driven global path planning model for multiple AGVs[5], and Zeng et al. (2021) optimized distribution scheduling based on digital twins, both demonstrating the application potential of emerging technologies.

Domestic research presents a clear path of "capability-performance verification — financial-non-financial integration — technology-system optimization". Early research laid the foundation, mid-term research introduced a strategic perspective, and recent research focuses on the practical application of technology empowerment.

There are still gaps in domestic research, and the main directions for future research include three aspects:

First, the insufficient connection between the "macro capability framework" and "micro technology application", with a lack of theoretical and empirical research to link emerging technologies with the existing capability framework; second, the research on the impact mechanism of technology-empowered performance is in the initial stage, and the transmission path and intermediary variables of the transformation from technology input to performance need further exploration; third, the lack of dynamic and ecological perspectives, requiring more research on real-time data-driven dynamic evaluation as well as enterprise collaboration and value co-creation performance.

Domestic research has deepened from concept and financial evaluation to technology-empowered optimization. Future research needs to focus on the integration of technology and management, the quantitative analysis of performance mechanisms, and dynamic ecological evaluation to improve theoretical and practical value.

3. Research Design and Methodology

This study combines a longitudinal case study with quantitative empirical analysis. Based on the annual data of SF Holding (002352.SZ) from 2016 to 2024, this paper will investigate how its "digital-intelligent" capital expenditures affect the conversion effect on financial performance. Research follows the following logical order: theoretical construction - Data Construction - Hypothesis Testing - Mechanism Exploration.

In terms of research, Design and Case Selection, SF Holding is selected as the Focus Firm. The reason for this choice is that SF has consistently carried out systematic, open and large-scale Digital Intelligent Capital Expenditure during our observation period. Its complete digital transformation cycle provides an ideal setting to observe the long-term performance effects of such investments. The nine-year time-series data further enable us to analyze the dynamic relationships between key variables.

For data collection and variable measurement, we construct a unique panel dataset. A major innovation of this study is the construction of our central independent variable: "Digital-intelligent capital investment intensity". Rather than relying on conventional indicators such as R&D expenditure or intangible assets, we manually decompose the cash flows for the purchase and construction of fixed assets, intangible assets, and other long-term assets into three distinct categories of digital-intelligent investments: information technology and R&D, automation and intelligent hardware, and smart warehousing and logistics networks. This decomposition is based on detailed information extracted from SF's annual reports, corporate social responsibility (CSR) reports, and relevant survey data from the State Post Bureau of China. We then standardize this measure by dividing the total digital-intelligent capital expenditures by the firm's annual operating revenue.

$$Digitalization\ Intelligence\ tCapital\ Investment\ Intensity = \frac{Total\ Digitalization\ Intelligence\ Capital\ Expenditure}{Operating\ Revenue}$$

Mediating variables include "unit selling cost" (total operating costs divided by business volume) and "72-hour on-time delivery rate" (a continuous time series constructed by interpolating missing values). The core dependent variable is "economic value added (EVA)", which is calculated in strict accordance with the methodology developed by Stern Stewart & Co:

$$EVA = NetOperatingProfitAfterTax(NOPAT) - (\text{Total Capital} \times \text{Weighted Average Cost of Capital (WACC)})$$

Specifically, net operating profit after tax (NOPAT) is derived from non-recurring profit and loss adjusted net income, with further adjustments for net interest expenses after tax. The weighted average cost of capital (WACC) is calculated by combining the cost of equity and the cost of debt: the cost of equity is estimated using the CAPM model, with the 10-year Treasury bond yield as the risk-free rate and a market risk premium set at 6.25%; the cost of debt is defined as the ratio of interest expenses to average interest-bearing liabilities. This design considers all costs related to the use of capital in performance assessment, and it is more all-encompassing than traditional accounting profit.

Analytical methods are primarily time-series analysis and Pearson correlation in this paper. Descriptive statistics and trend diagrams are employed to demonstrate that most variables for each observation have changed over time. Second, to verify Hypotheses H1 and H2, Pearson correlation analyses are conducted between "digital-intelligent capital investment intensity" and "unit sales cost" as well as "72-hour on-time delivery rate" for both the current period and one-period lag (t-1), to capture both immediate and potential time-lag effects of investment.

Preliminary results show a significant negative correlation between "digital-intelligent capital investment intensity" and "unit sales cost" in the current period, verifying the immediate cost-saving effect proposed in H1. Regarding the dynamic and complex process described in H2, the weak negative correlation between "digital-intelligent capital investment intensity" and lagged EVA ($r = -0.313$), along with the insignificant relationships between investment and lagged operational indicators, provides initial empirical evidence for the "J-curve" effect—where initial capital expenditures suppress current profits, with benefits materializing with a time lag. Based on these results, we can collectively demonstrate the multi-dimensional and phased characteristics of returns for Digital-Ielligent Investment from an empirical perspective, providing support for our subsequent research into "how" and "when" this type of investment works compared to whether it is effective.

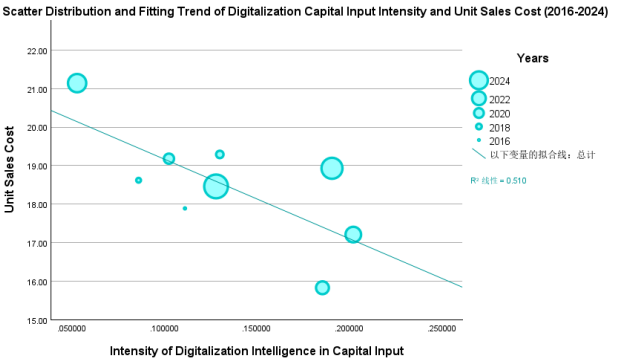
4. Findings

Using the 2016–2024 annual data of SF Holding as the sample, this study constructs a longitudinal database covering "digital-intelligent capital investment intensity", operational efficiency indicators (unit sales cost, 72-hour on-time delivery rate), and financial performance indicator (economic value added, EVA). Pearson correlation analysis is employed to test two research hypotheses (H1 and H2), and the empirical results reveal the immediate effects and complex dynamic characteristics of the financial conversion efficiency of digital-intelligent investment.

The core findings of this study focus on two types of effects from digital-intelligent investment: first, a significant immediate cost control capability, and second, complex intertemporal dynamic impacts on financial performance.

First, the empirical data strongly supports H1 (the hypothesis of immediate and sustained effects on cost efficiency). The correlation analysis shows a significant negative correlation between "digital-intelligent capital investment

intensity" and "unit sales cost" in the current period (Pearson correlation coefficient r = -0.714, p = 0.031 < 0.05), indicating that SF's digital-intelligent capital investment can be immediately and significantly converted into savings in operational costs.



The data reveal a more complex pattern in how digital-intelligent investment improves service quality. Tests of Hypothesis 2 (the time-lag and asymmetric effects in comprehensive performance transformation) show that digital-intelligent investment drives final financial performance with significant lags and asymmetric pathways. On the one hand, according to the analysis, the relationship between the intensity of digital-intelligent capital investment and the 72-hour on-time delivery rate in the current period is positive; however, it is not statistically significant (r=0.338, p=0.373). There is no evident short-term impact of digital-intelligent investment on service quality. A more substantial discovery is that the Delay effect also exists.



Data show a weak negative correlation between digital-intelligent investment in the current year and one-period lagged EVA (r = −0.313), although it is not statistically significant. Meanwhile, no significant association is observed between investment and one-period lagged unit cost or on-time rate. Combined with the fact that there is a substantial negative correlation between investment and contemporaneous cost, this pattern of result provides empirical support for the J-curve effect: significant capitalization of large-scale digital-intelligent capital investment in the current period and subsequent depreciation may exert downward pressure on short-term accounting profit (EVA), as reflected in the weak negative correlation. The value creation dividends derived from improved operational efficiency, such as cost reduction, may require a time horizon longer than one year to fully materialize and be reflected in financial performance.

Additionally, there is no clear connection between the 72-hour on-time rate and EVA (r = -0.369, p = 0.329), suggesting that an increase in service quality will not bring about a direct change in financial performance; Instead, it may require other channels for expression or has a more extended transmission chain.

To sum up, the two landscapes of financial conversion for digital-intelligent investment at SF Holding are as follows: Along the path of cost efficiency, the immediate and significant effect of digital-intelligent investment is to reduce unit operating costs; At the level of comprehensive performance conversion, it shows a time lag and path complexity.

Large current-period investments do not immediately and significantly enhance service quality or improve financial performance in the next period. Instead, there will be short-term financial pressure from the front-end expenses. These findings are not only supportive of the revised research Hypotheses But also uncover the Dynamic and Nonlinear characteristics of financial Returns in Corporate Digital-Intelligent Transformation. Benefit realisation is not immediate, but rather goes through a complex process after absorbing the initial investment and then gradually produces results over time.

5. Discussion

This study examines the process by which Digital-intelligent capital investment affects financial performance in SF Holding. By verifying the two hypotheses - immediate and sustained impact on cost efficiency, and time-lagged and asymmetric effects on overall performance transformation - it determines that the Digital-Intelligent Investment has a dual-phase impact mechanism. In line with academic conventions, based on the Visual Analysis Report on Digital-Intelligent Capital Expenditure of SF Holding (002352.SZ), 2016-2024, prepared by me during the research process for interpreting results, interacting with existing literature, and elucidating the theoretical and practical significance of this study.

Based on the data of Hypothesis 1's cost efficiency path, it was determined that there is a high degree of negative correlation (-0.714) between digital-intelligent capital investment intensity and current unit selling cost (p=0.031), which aligns with the results of the author's visual analysis report. According to the report, SF Holding's automatic sorters purchased between 2018 and 2022 have been putting it on full display in the hardware area of smart logistics warehouses, thus obtaining certain efficiency improvements for operations. In 2022, automated sorting has reduced the likelihood of mis-delivery by 36.28% and returned goods by 47.42%; therefore, it can be confirmed that digitalisation and intelligence investments have achieved a substantial cost reduction through hardware upgrades and automation immediately.

Hypothesis 2 is time-lagged and asymmetric impact on comprehensive performance; Digital-intelligent investment intensity does not have a significant association with the 72-hour on-time delivery rate in both the current period and one-period lagged periods, and it has a weak negative correlation with lagged economic value added (EVA_{t-1}) (r = -0.313). This short-term financial pressure is at the core of understanding the J-curve effect of digital-intelligent investment; a substantial amount of capital expenditure in the current period results in significant depreciation and amortisation, eroding current earnings and thus exerting an adverse impact on EVA temporarily. As shown in the pan-scenario analysis report, Digital-intelligent investment has entered the value-realization stage after entering the input stage initially; The technical assets and operational capabilities built need more time to be converted into real benefits. Therefore, the pattern of Hypothesis 2 does not negate the long-term value of digital-intelligent investment; instead, it demonstrates that the strategic capital expenditure has changed from a cost-input model to a value-creation model.

Current research on the problems of digital transformation, including inconsistent measurement standards for digital-intelligent input and insufficient long-term tracking data. To address this methodological shortcoming, we construct the "digital-intelligent capital investment intensity" index manually and analyse nine years of time-series data. The Results are consistent with the theoretical framework of Li et al. (2016) on how logistics service capability affects performance, "service capability" is operationalised as tangible digital-intelligent capital investment to bridge the gap between theory and empirics. Regarding the path of technological empowerment, although Wang and Lv (2024) have shown that technology empowers by improving resource allocation efficiency [8], this study also found that such an improvement first manifested as a change in costs; The transmission path from non-financial factors to financial performance is more complex and takes longer. To observe the impact of technology input changes on single-firm performance more closely. Moreover, the J-curve effect mentioned above is also in line with foreign research on the dynamics of long-term return from strategic investment, providing a dynamic reference for assessing the financial benefits of corporate digitalisation and intelligence.

Theoretically, this study confirms a dual characteristic in the translation of digital-intelligent transformation into financial performance: immediate effectiveness through the cost path and delayed release of comprehensive value. This breaks the limitations of traditional performance evaluation models and proposes a staged, multi-path framework for assessing transformation performance, emphasizing the need to distinguish between the operational optimization effect and strategic value creation effect of digital-intelligent investment. Practically, it offers decision-making guidance for managers at SF Holding and other firms pursuing digital-intelligent transformation. Management and investors should recognize and accept the J-curve characteristic of large-scale digital-intelligent investment, establishing matching performance evaluation cycles. Given the rapid effectiveness of the cost efficiency path, related investments can be prioritized as fast-acting initiatives, while long-term investments supporting sustainable competitive advantage should be provided with tolerant performance indicators and adequate cultivation periods. Firms should proactively disclose the value of technical assets to facilitate comprehensive market assessment of their long-term potential, and dynamically adjust the scale and direction of digital-intelligent investment based on factors such as technological maturity.

The author compiled a Visual Analysis Report on Digital-Intelligent Capital Expenditure of SF Holding (002352.SZ), 2016-2024, as part of the research; it is an unpublished work and cannot be cited formally. In order to indicate that this report has been referenced in the main text, one can use expressions such as "According to the author's Panoramic Analysis Report on Digital-Intelligent Capital Expenditure of SF Holding, 2016-2024 (A-share)" when quoting it. There is no need for it to be listed separately in the reference list or as an appendixl.

In-depth analysis of the case of SF Holding shows that successful digital-intelligent transformation requires an in-depth understanding of the dynamic law of investment return, enough strategic patience and a scientific performance evaluation and management system.

6. Conclusion

This paper studies the impact of Digital-intelligent Capital Investment at SF Holding from 2016 to 2024 on financial performance. According to a customised index of Digital-Intelligent Investment Intensity, based on Longitudinal Analysis and Pearson Correlation Tests, the following key conclusions have been drawn.

Our results show that Digital-Iintelligent investment in SF Holding has a dual pattern of financial performance: immediate cost reduction and dynamic long-term return. In terms of cost, a higher investment intensity is significantly associated with lower current unit selling costs, which indicates that Digitalisation has quickly improved Cost-efficiency. However, in terms of overall performance, investment shows time lag and nonlinearity. At present, investment has little to do with the current service quality or one-period-lagged EVA, and it is even slightly negatively

correlated with lagged EVA. This supports an J-curve effect, where significant initial capital expenditure causes short-term profit pressure from depreciation, and the full realisation spans a longer time frame.

The return cycle of Digital-Iintensification-based investment is different from others, for example. Although automation and intelligent storage have raised operation efficiency, enhancing service quality and the overall profit-making capability is still a process. This shows that the strategic Digital investment is relatively complex, and a manager's problem has emerged: How to reasonably assess and await long-term benefits?

In practical application, the enterprise is advised to use a multi-period and different assessment methods for Digital Investments. Short payback periods are applicable for fast-acting cost-saving projects, and long-term strategic projects require a longer evaluation cycle and non-financial indicators. The company needs to inform management and investors of the J-Curve effect to help them manage their expectations. Finally, it can also meet the requirement for stable short-term funds and continuous long-term development.

There are also defects in this study. As a single-case study, the generalisability requires further verification. We only took one year as the lag, and the entire value cycle might be longer. The transmission path of the service quality-brand effect-financial performance has not been studied.

To sum up, the financial benefits of the Digital Transformation have a pattern of "short-term cost reduction and long-term value creation". Success requires continuous strategic investments and should also have reasonable performance evaluations and risk management during the transition period.

Research on the conversion efficiency of financial performance driven by digitalization intelligence investment: a case study of sf express logistics

Liu Jixian
Al-Farabi Kazakh National University

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

In view of the global logistics industry's more frequent digitalisation and intelligentization, many Digitalisation Intelligence investments have been made by leading enterprises to reshuffle their ways of operation and enhance their overall competitiveness. However, whether there is an improvement in financial performance and the specific mechanism have not been verified through a long-term systematized dataset. Using SF Express Co., Ltd., a typical company representing the development trend of China's express delivery industry over the years, as the subject of study, we will examine its dynamic impact and transmission path on financial performance improvement during the period from 2016 to 2024 by promoting Strategic Digitalisation. By using a mixed research method of longitudinal case study and quantitative empirical analysis, this paper selects multi-dimensional capital expenditure data through manual sorting to build a self-owned property indicator of Digitalization Intelligence capital input intensity, and takes unit operating cost, 72-hour on-time rate as mediating variables and Economic Value Added (EVA) as the main dependent variable for empirical test through Pearson correlation analysis and time series analysis. The results show that SF Express's Digitalisation Intelligence investments have two characteristics in terms of financial performance conversion: In terms of cost efficiency paths, it can bring about an immediate reduction in costs after the investment, and its intensity is negatively correlated with the current unit operating cost; However, on the path of overall financial performance transformation, there is a time delay and non-linear J-curve effect. A large-scale capital outlay will bring about immediate financial burdens due to depreciation and amortisation, and the benefits of value creation need more time to manifest; An increase in service quality cannot directly lead to an expansion of EVA. This study has enriched the theoretical and methodological System for researching enterprise Digital Transformation Performance by Building A Quantifiable Digitalisation-intelligence Investment Measurement Framework And Verifying Its Long-term Dynamic Effects. In practice, it provides a basis for Logistics Enterprises' scientific planning of Digitalisation Intelligence investment cycle, optimising capital use and setting reasonable expectations for investment returns; And also offers reference for other types of enterprises to promote the positive conversion of Digitalisation and intelligence investments into financial results.

Keywords: Digitalization Intelligence, Financial Performance, EVA, Logistics Industry, SF Express.

References

1. Augustine, A., & Ondřej, D. (2025). How does digitalization shape the business financial performance: a systematic review. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s43093-025-00659-8 Ende. (2017). Financial Performance Analysis Using Economic Value Added (EVA). https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1757-899x/180/1/012250 Laura, B., Richard N., G., & William J., C. (2011). Applied logistics knowledge impact on financial performance. https://doi.org/https://doi.org/10.1108/01443571111153058
2. Xiao, Y. (2013). Application of EVA in performance evaluation of corporate M&A [Master's thesis, Southwestern University of Finance and Economics]. CNKI. https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10651-2010265896.htm
3. Liu, J. X. (2024). Financial risk analysis in corporate M&A: A case study of SF Express acquiring Kerry Logistics. *中国储运* [China Storage & Transportation], *2024*(4), 63–64. https://doi.org/10.16301/j.cnki.cn12-1204/f.2024.04.108
4. Xu, X. Y., & Ma, J. (2014). Application research of financial analysis model for third-party logistics resource integration behavior. *财务与会计* [Finance & Accounting], *2014*(5), 33–36. https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-286X.2014.05.014
5. Wang, W. M. (2014). Empirical analysis on financial performance indicator system construction for listed warehousing logistics companies. *福建论坛(人文社会科学版)* [Fujian Tribune (The Humanities & Social Sciences)], *2014*(11), 43–47. https://sns.wanfangdata.com.cn/perio/fjlt-rwshkxb/
6. Li, Y., Zheng, G. W., & Huang, Z. H. (2016). Impact of third-party logistics service capability on enterprise performance. *山东大学学报(哲学社会科学版)* [Journal of Shandong University (Philosophy and Social Sciences)], *2016*(1), .98–109. https://www.sdu.edu.cn/kxyj/xsqk1.htm
7. Zeng, A. J., Liu, Y. J., Chen, Y. P., Meng, X. L., & Wen, H. J. (2021). Logistics distribution scheduling optimization based on digital twin. *科学技术与工程* [Science Technology and Engineering], *21*(21), 9005–9011. http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7105315692
8. Hong, S. (2023). Performance analysis of logistics enterprises going public via shell acquisition: A case of SF Express. *经济研究导刊* [Economic Research Guide], *2023*(18), 71–73. https://lib.nefu.edu.cn/articlesearch/web_searchingDetail?id=2031602979234
9. Wang, R. X., & Lü, J. J. (2024). Performance evaluation of SF Holding based on EVA-BSC under digital intelligence. *商场现代化* [Modern Commerce], *2024*(16), 44–47. https://doi.org/10.14013/j.cnki.scxdh.2024.16.036
10. Li, M. W., Li, J. X., Zhang, R. C., & Shang, Y. Y. (2026). Digital twin-driven global path planning for multi-AGV in intelligent warehouse. *计算机集成制造系统* [Journal of Computer Integrated Manufacturing Systems], *32*(1), 365–383. https://doi.org/10.13196/j.cims.2024.Z32 (in press)

Теоретические основы налогового стимулирования частных инвестиций в контексте неоклассического и кейнсианского подходов

Шестаков Алексей Александрович
аспирант, институт государственной службы и управления, РАНХиГС, Sshestakoffa@yandex.ru

Предмет исследования составляет механизм налогового воздействия на частные инвестиции, интерпретируемый через неоклассическую логику стоимости капитала, доходности инвестиционного проекта, кейнсианскую логику совокупного спроса, ожиданий, финансовых возможностей частного сектора. Актуальность темы определяется использованием налоговых стимулов для активизации капиталовложений при неоднозначной зависимости между изменением налоговой нагрузки, фактической динамикой инвестиций. Цель исследования состоит в систематизации теоретических оснований налогового стимулирования частных инвестиций, определении условий применения соответствующих инструментов. Использованы анализ научных публикаций, сравнительный, классификационный, логико-аналитический методы, обобщение, синтез. Изучены современные русскоязычные исследования фискальной политики, инвестиционных налоговых льгот, налоговых расходов, стимулирования НИОКР, инвестиционной активности организаций. Научная новизна состоит в разграничении ценового, финансового, спросового каналов налогового стимулирования с их последующим соотнесением с неоклассической, кейнсианской трактовками инвестиционного поведения. Результаты формируют основу для выбора налоговых инструментов по характеру ограничений частных инвестиций, оценки их экономической, бюджетной результативности.

Ключевые слова: налоговое стимулирование, частные инвестиции, фискальная политика, стоимость капитала, инвестиционные налоговые льготы, налоговые расходы, инвестиционный налоговый вычет, совокупный спрос, инвестиционная активность, НИОКР.

Введение

Налоговое воздействие на частные инвестиции связано с изменением параметров инвестиционного решения предприятия, поскольку налогообложение влияет на располагаемый финансовый результат, первоначальную стоимость вложений, распределение денежных потоков по периодам, ожидаемую доходность проекта. Масштаб воздействия зависит от причины, ограничивающей инвестиционную активность. При высокой стоимости привлечения капитала значение приобретает уменьшение налоговой составляющей инвестиционных издержек, при недостаточности собственных ресурсов существенным становится момент возникновения налоговой экономии, при слабых ожиданиях относительно реализации продукции инвестиционное решение определяется перспективой будущего спроса. Различия между этими механизмами образуют теоретическую основу разграничения неоклассической, кейнсианской интерпретаций налогового стимулирования.

Неоклассическая трактовка связывает инвестиционное решение преимущественно с требуемой доходностью капитала, относительной ценой факторов производства, налоговым компонентом пользовательской стоимости капитала. Налоговая льгота в этой системе координат воздействует на инвестиции через изменение чистой доходности вложений либо стоимости приобретения, создания, модернизации капитального актива. Кейнсианская трактовка включает в инвестиционное решение ожидаемый спрос, загрузку производственных мощностей, состояние денежных потоков частного сектора, фискальное воздействие государства на совокупные расходы. Налоговое стимулирование получает различное содержание в зависимости от того, какой из перечисленных каналов ограничивает переход от инвестиционных намерений к фактическим вложениям.

Цель исследования состоит в систематизации теоретических оснований налогового стимулирования частных инвестиций в контексте неоклассического, кейнсианского подходов, для ее достижения решены три задачи — раскрыт механизм налогового воздействия на инвестиционное решение в каждой теоретической модели, систематизированы налоговые инструменты по каналам воздействия на частные капиталовложения, установлены условия результативности налогового стимулирования с учетом макроэкономических, финансовых, институциональных ограничений.

Научная новизна заключается в построении аналитической связи между теоретической моделью инвестиционного поведения, объектом налогового стимулирования, критерием его результативности. Налоговые инструменты рассматриваются по способности изменять стоимость капитала, начальные инвестиционные расходы, внутрифирменные финансовые ресурсы, параметры совокупного спроса, а оценка стимулирующего эффекта связывается с дополнительностью инвестиций, экономическим результатом получателя льготы, бюджетным эффектом предоставленной преференции.

Материалы и методы

Материальную основу исследования составили современные публикации, раскрывающие различные уровни налогового воздействия на инвестиционную активность. Р.В. Балакин, Ю.А. Стешенко [1] исследовали взаимосвязь динамики налоговых поступлений с инвестициями в основной капитал в разрезе экономики, отраслей, регионов. М.Ш. Баснукаев, М.М. Сулейманов, А.М. Шахбанова [2] систематизировали налоговые стимулы по экономическому содержанию, выделив инструменты, связанные с доходом, инструментами, связанными с расходами на инвестиционную деятельность. С.В. Богачёв, В.П. Вишневский [3] оценили воздействие налоговой политики на инвестиции, экономический рост через показатель налоговой динамичности. Экономическую природу налогового стимулирования, структуру инвестиционной деятельности, используемые инструменты рассмотрела С.А. Варвус [4]. А.Е. Гончаренко [5] исследовала налоговые стимулы через их связь с инвестиционным решением, стоимостью капитала, амортизационным механизмом. С.Е. Демидова, Ю.Г. Тюрина [6] оценили масштабность, эффективность налоговых расходов, направленных на поддержку инвестиций, приоритетных отраслей в странах G20. О.В. Качур [7] раскрыла налоговые инструменты стимулирования расходов на НИОКР, включая особенности амортизационной политики, налогообложения прибыли. Теоретические различия кейнсианского, неоклассического понимания фискального регулирования систематизированы Н.Б. Максутовым [8]. М.Р. Пинская, Ю.А. Стешенко, К.Н. Цаган-Манджиева [9] разработали подход к оценке инвестиционных налоговых льгот по экономическим показателям получателя, бюджетной эффективности. О.В. Староверова [10] обобщила основные инструменты налогового стимулирования инвестиционной деятельности в российской, зарубежной практике.

Методический аппарат включал анализ научных публикаций для выделения теоретических положений о налоговом воздействии на инвестиции, сравнительный анализ для установления различий между неоклассическим, кейнсианским механизмами, классификацию налоговых инструментов по

объекту, моменту возникновения, каналу стимулирующего эффекта, логико-аналитический анализ для сопоставления теоретических предпосылок с результатами эмпирических исследований, синтез для определения условий применения налоговых стимулов к частным капиталовложениям.

Результаты

Налоговое стимулирование частных инвестиций воздействует на решение хозяйствующего субъекта через несколько экономических переменных, каждая из которых занимает различное место в теориях инвестиционного поведения. Налог может изменять чистый денежный поток проекта, текущую стоимость будущих доходов, объем средств, остающихся у предприятия для финансирования капиталовложений, величину первоначальных затрат, ожидаемые условия реализации дополнительного выпуска. Такая структура исключает сведение стимулирования к механическому уменьшению налогового платежа. Экономическим содержанием меры становится изменение конкретного параметра, от которого зависит принятие инвестиционного проекта.

В неоклассической модели центральным параметром выступает стоимость использования капитала. Предприятие сопоставляет ожидаемый результат вложений с расходами, необходимыми для приобретения, финансирования, эксплуатации капитального актива, налогообложение входит в состав этой расчетной зависимости. Исследование А.Е. Гончаренко связывает действие налоговых льгот с краткосрочными временными эффектами, долгосрочным изменением стоимости капитала, отдельно рассматривает амортизационный механизм, процентную ставку, индекс налоговых стимулов [5]. М.Р. Пинская, Ю.А. Стешенко, К.Н. Цаган-Манджиева также исходят из связи инвестиционных льгот с экономическими показателями предприятия, предлагая оценивать эффект на уровне конкретного получателя [9]. Налоговый стимул в этой логике повышает привлекательность проекта через изменение его расчетной доходности либо инвестиционных затрат, поэтому его действие определяется чувствительностью компании к цене капитала.

Механизм инвестиционного стимулирования зависит от экономической базы предоставляемой преференции. М.Ш. Баснукаев, М.М. Сулейманов, А.М. Шахбанова разделяют налоговые стимулы на связанные с доходом, связанные с расходами, что создает основание для разграничения двух способов воздействия на инвестиционное решение [2]. Снижение налогообложения полученного дохода увеличивает посленалоговую отдачу от деятельности предприятия. Вычеты, ускоренная амортизация, специальные правила учета инвестиционных расходов уменьшают стоимость действий, непосредственно связанных с формированием капитального актива. Вторая группа обладает более тесной связью с фактом осуществления вложений, поскольку объем налоговой экономии определяется инвестиционной расходной базой. К этой же логике относятся рассмотренные О.В. Качур механизмы налогового стимулирования НИОКР, где налоговое преимущество связывается с расходами предприятия на исследования, разработки [7].

Временная структура налоговой экономии имеет самостоятельное значение для неоклассической оценки. Ускоренное признание инвестиционных расходов повышает их текущую стоимость для налогоплательщика, поскольку налоговый эффект переносится ближе к моменту капитальных затрат. А.Е. Гончаренко рассматривает ускоренную амортизацию через изменение налогового компонента стоимости капитала, фиксируя зависимость итогового эффекта от временного распределения налоговых преимуществ [5]. О.В. Староверова относит к системе налогового стимулирования совокупность инструментов, способных изменять условия осуществления инвестиционной деятельности, включая налоговые льготы, иные механизмы государственной поддержки [10]. Для предприятия значение имеет размер налоговой экономии, период ее получения, связь предоставленной преференции с расходами, предшествующими появлению инвестиционного дохода.

Кейнсианская интерпретация переносит аналитический акцент на условия реализации произведенного выпуска, совокупный спрос, роль государственных расходов, налогов в формировании макроэкономической активности. Н.Б. Максутов связывает кейнсианскую фискальную модель с созданием эффективного спроса посредством государственного регулирования, включая налоговые инструменты, бюджетную политику [8]. Инвестиционное решение в этой системе зависит от ожиданий относительно будущих продаж, поэтому уменьшение стоимости капитала сохраняет стимулирующее значение при наличии достаточных оснований для расширения выпуска. Изменение налоговой нагрузки воздействует на частные инвестиции через финансовые возможности предприятий, совокупные расходы экономических субъектов, последующее изменение ожидаемого спроса.

Различие теоретических подходов проявляется в выборе исходного ограничения инвестиционной активности. Неоклассический механизм предполагает, что налоговый стимул повышает число проектов, доходность которых после изменения налоговых условий достигает приемлемого для инвестора уровня. Кейнсианский механизм связывает инвестиционную реакцию с ожиданиями предприятия относительно использования создаваемой мощности, реализации дополнительного выпуска. Один налоговый инструмент способен одновременно воздействовать на оба канала. Инвестиционный вычет уменьшает стоимость вложений, одновременно сохраняя часть денежных средств внутри предприятия, снижение налогообложения прибыли увеличивает чистую доходность действующего капитала, формирует дополнительный внутренний финансовый ресурс. Фактическая инвестиционная реакция определяется тем параметром, который сильнее ограничивает решение предприятия в конкретных макроэкономических условиях.

Российские исследования макроуровня подтверждают необходимость учитывать такую множественность каналов. С.В. Богачёв, В.П. Вишневский установили изменение налоговой динамичности в 2009–2022 гг., статистически выраженного воздействия ее сдвигов на инвестиции в основной капитал, НИОКР авторы не обнаружили, связывая наблюдаемую динамику с влиянием совокупности неналоговых факторов [3]. Р.В. Балакин, Ю.А. Стешенко при анализе налоговых поступлений, инвестиций в основной капитал также получили преимущественно статистически незначимую связь между рассматриваемыми показателями, одновременно указав на возможность использования дополнительных налоговых доходов для государственных вложений, бюджетной поддержки [1]. М.Р. Пинская, Ю.А. Стешенко, К.Н. Цаган-Манджиева переносят оценку инвестиционных льгот на уровень организации-получателя, где возможно сопоставить предоставленное преимущество с финансово-экономическим эффектом [9]. Совместное прочтение этих результатов указывает на ограниченную информативность агрегированной налоговой нагрузки как самостоятельного показателя инвестиционных стимулов.

Разрыв между формальным предоставлением льготы, фактическим приростом инвестиций определяет проблему дополнительности налогового стимулирования. Инвестиционная преференция создает экономический результат для получателя уже посредством уменьшения налогового обязательства, стимулирующий результат возникает при изменении инвестиционного решения предприятия. Методика М.Р. Пинской, Ю.А. Стешенко, К.Н. Цаган-Манджиевой разграничивает экономическую эффективность для налогоплательщика, бюджетную эффективность для государства [9]. С.Е. Демидова, Ю.Г. Тюрина рассматривают налоговые льготы как налоговые расходы, связывая оценку их эффективности с изменением инвестиций, промышленного производства [6]. М.Ш. Баснукаев, М.М. Сулейманов, А.М. Шахбанова показывают значение конструкции самой преференции, включая связь поддержки с доходом либо расходами [2]. Это формирует трехуровневую систему оценки, включающую получение налоговой выгоды, изменение поведения инвестора, экономический результат профинансированной инвестиционной активности.

Степень адресности инструмента влияет на вероятность возникновения стимулирующего эффекта. Общее снижение налогообложения увеличивает финансовый результат широкого круга организаций независимо от их текущих инвестиционных решений. Расходно ориентированный стимул связывает размер преимущества с определенным видом капиталовложения, модернизации, исследования, разработки. О.В. Качур рассматривает налоговые льготы на НИОКР именно через поддержку инвестиционных расходов, указывая на необходимость оценки их эффективности в условиях значительной роли бюджетного финансирования исследований [7]. Применительно к частным инвестициям указанная конструкция усиливает связь между налоговой экономией, действием предприятия, которое государство стремится стимулировать.

Финансовая структура инвестиций усиливает значение момента предоставления налоговой поддержки. С.А. Варвус связывает развитие инвестиционной деятельности в России с высокой ролью частных вложений, собственных средств хозяйствующих субъектов, рассматривает налоговые меры как источник высвобождения ресурсов для инвестиционных целей [4]. Эта зависимость придает налоговому стимулированию функцию воздействия на внутреннее финансирование предприятия. Льгота, возникающая в период первоначальных капиталовложений, поддерживает инвестиционный денежный поток раньше, чем инструмент, экономический эффект которого формируется после получения налогооблагаемой прибыли. Для предприятий с ограниченными внутренними ресурсами временной профиль налогового стимула способен иметь сопоставимое значение с его номинальным размером.

НИОКР образуют отдельную область применения налогового стимулирования, поскольку расходы возникают до получения коммерческого результата, а связь будущей доходности с текущими затратами обладает повышенной неопределенностью. О.В. Качур систематизирует зарубежные, российские налоговые льготы для исследований, разработок, связывает их с налогом на прибыль, амортизационной политикой, расходами на инновационную деятельность [7]. Неоклассическая интерпретация данного инструментария фиксирует уменьшение эффективной стоимости соответствующих вложений. Кейнсианская интерпретация дополняет эту связь финансовым каналом, поскольку сокращение налогового изъятия оставляет предприятию больший объем средств в период осуществления затрат. Обе интерпретации приводят к общей практической задаче — налоговая поддержка должна быть связана с дополнительным инвестиционным действием, масштаб которого подлежит оценке после предоставления преимущества.

Международное сопоставление налоговых расходов показывает зависимость результатов от конструкции фискальной поддержки, структуры экономики, государственных приоритетов. С.Е. Демидова, Ю.Г. Тюрина оценивают масштабность налоговых расходов на поддержку инвестиций, приоритетных отраслей в странах G20 через интегральные показатели, сопоставляют налоговые послабления с динамикой инвестиций, промышленного производства [6]. Полученный ими подход расширяет анализ стимулирования за пределы номинального размера льготы. Большой объем налоговых расходов характеризует масштаб государственного вмешательства через налоговую систему, результативность определяется экономической реакцией объекта поддержки.

Развитие российского инструментария налогового стимулирования связано с сочетанием универсальных налоговых параметров, специальных инвестиционных механизмов. О.В. Староверова рассматривает основные российские инструменты, зарубежную практику, направления совершенствования государственной поддержки инвестиционной деятельности [10]. А.Е. Гончаренко связывает инвестиционные налоговые стимулы с модернизацией производственной базы, созданием высокотехнологичных производств, изменением стоимости капитала [5]. М.Ш. Баснукаев, М.М. Сулейманов, А.М. Шахбанова дополняют эту систему федеральным, региональным инвестиционными вычетами, специальными режимами, инструментами стимулирования расходов на НИОКР [2]. Совокупность мер образует неоднородный механизм, элементы которого различаются по налоговой базе, периоду получения эффекта, степени адресности инвестиционным расходам.

Сопоставление исследованных подходов позволяет классифицировать налоговое стимулирование частных инвестиций по трем каналам. Ценовой канал изменяет стоимость капитала, посленалоговую доходность проекта, финансовый канал воздействует на объем, момент формирования ресурсов предприятия, спросовый канал формируется через совокупное воздействие налоговой, бюджетной политики на ожидаемые условия реализации дополнительного выпуска. Первый канал непосредственно соответствует неоклассической модели инвестиционного решения. Второй занимает промежуточное положение, поскольку изменение доступного денежного потока влияет на расчетную стоимость проекта, фактическую возможность его финансирования. Третий отражает кейнсианскую зависимость инвестиций от эффективного спроса.

Эта классификация определяет различия в критериях выбора налогового инструмента. При высокой чувствительности инвестиций к стоимости капитала преимущество получают меры, непосредственно связанные с инвестиционными расходами, амортизацией, налоговым вычетом. Ограниченность внутренних финансовых ресурсов повышает значение раннего возникновения налоговой экономии. Доминирование слабых ожиданий спроса снижает достаточность исключительно ценового стимула, поскольку уменьшение налоговой стоимости капитала сохраняет проблему будущей загрузки создаваемых мощностей. Результаты макроэкономических исследований [1; 3], методические положения об эффективности льгот [6; 9] подтверждают необходимость оценивать инструмент в связи с фактическим ограничением инвестиционного решения, последующим изменением инвестиционной активности.

Теоретический синтез неоклассического, кейнсианского подходов формирует условную последовательность налогового стимулирования. Сначала определяется фактор, ограничивающий частные капиталовложения, затем выбирается налоговая база, через которую возможно воздействие на этот фактор, после предоставления стимула оценивается изменение инвестиционного поведения, экономический эффект получателя, бюджетный результат. Такая последовательность связывает налоговую меру с конкретным механизмом инвестиционного решения, переводя оценку от величины предоставленной льготы к величине инвестиционного эффекта.

Обсуждение

Разграничение неоклассического, кейнсианского подходов связано прежде всего с различным объяснением причины изменения частных инвестиций. Неоклассическая модель помещает в центр решения сравнительную доходность капитала, поэтому налоговая политика получает стимулирующее значение через изменение цены инвестиционного ресурса. Кейнсианская модель включает инвестиции в систему совокупных расходов, где решение предприятия зависит от ожидаемой реализации дополнительного выпуска, общего состояния деловой активности. Налоговый инструмент сохраняет одинаковую юридическую форму в обеих моделях, его экономическая функция меняется в зависимости от канала, через который предприятие реагирует на предоставленную преференцию.

Ценовой механизм наиболее ясно проявляется у инструментов, связанных с инвестиционными расходами. Ускоренное признание затрат, инвестиционный вычет, налоговая поддержка НИОКР уменьшают эффективные издержки капиталовложения, поэтому их связь с неоклассической трактовкой прослеживается непосредственно через расчетную доходность проекта. Стимулы, основанные на величине прибыли, обладают более широким действием. Полученную налоговую экономию предприятие способно использовать для финансирования вложений, сохранения ликвидности, иных корпоративных целей. Степень инвестиционной направленности такой поддержки определяется фактическим поведением получателя.

Финансовый канал объясняет часть расхождений между формальным объемом налоговых преимуществ, наблюдаемой динамикой инвестиций. Одинаковая по размеру налоговая экономия обладает различной ценностью для предприятия с достаточным доступом к капиталу, предприятия, финансирующего развитие преимущественно за счет внутренних средств. Момент получения льготы становится элементом стимулирующего механизма. Эта характеристика требует учитывать временную структуру налогообложения наряду с номинальной ставкой, общим объемом налоговой поддержки.

Кейнсианская трактовка уточняет предел ценового стимулирования. Предприятие получает основание для расширения производственных мощностей при ожидании использования создаваемого капитала. Снижение налоговой стоимости инвестиции улучшает расчетные параметры проекта, спросовые ожидания определяют перспективу формирования денежного потока, ради которого проект реализуется. Чем сильнее инвестиционная пауза связана с неопределенностью будущей реализации продукции, тем меньше аналитическая ценность оценки стимулирования исключительно через величину налоговой нагрузки.

Эмпирические исследования агрегированных показателей усиливают этот вывод. Слабая статистическая связь между налоговыми поступлениями, инвестициями допускает несколько совместимых интерпретаций, поскольку динамику капиталовложений одновременно формируют стоимость финансирования, спрос, отраслевые особенности, инвестиционные ожидания, государственные расходы. Макроэкономическая корреляция отражает итог совместного действия этих факторов, из-за чего она ограниченно характеризует самостоятельный эффект конкретной льготы. Оценка на уровне получателя уменьшает агрегирование разнородных инвестиционных решений, сохраняя задачу установления того объема вложений, который связан именно с налоговым стимулом.

Категория налоговых расходов добавляет бюджетное измерение к анализу стимулирования. Экономия налогоплательщика соответствует доходу бюджета, от получения которого государство отказывается ради определенного результата. Эффективность меры требует соотнесения фискальной стоимости поддержки с изменением инвестиционной активности, характеристиками профинансированных проектов. Простое использование льготы подтверждает востребованность ее конструкции, стимулирующий эффект требует изменения поведения получателя.

Разделение стимулов по доходной, расходной базе имеет значение для проблемы адресности. Расходно ориентированная конструкция устанавливает прямую связь между инвестиционным действием, размером налогового преимущества. Доходно ориентированная конструкция охватывает более широкий финансовый результат предприятия, поэтому ее инвестиционный эффект зависит от последующего распределения высвобожденных ресурсов. Выбор между этими механизмами связан с целью политики. Стимулирование конкретного вида капитальных затрат требует более тесной привязки налоговой экономии к соответствующим расходам, поддержка общего финансового потенциала бизнеса допускает более широкую налоговую базу.

НИОКР демонстрируют значение специальной настройки налогового инструмента. Расходы на исследования возникают раньше коммерческого эффекта, поэтому временной разрыв между вложением, будущим доходом усиливает роль механизма учета затрат. Налоговая поддержка способна уменьшить текущую финансовую нагрузку, увеличить расчетную привлекательность проекта. Оценка ее результативности требует отделения существующего объема исследовательских расходов от дополнительной активности, возникшей после введения стимула.

Исследованные работы выявляют ограничение универсальной трактовки налогового стимулирования. Один уровень налоговой нагрузки способен сочетаться с различными темпами инвестиций, а сходные налоговые инструменты дают неодинаковый эффект в организациях с разной структурой финансирования, доходностью проектов, инвестиционными ожиданиями. Универсальный показатель оптимальной величины налоговой льготы поэтому обладает ограниченной применимостью. Более содержательным становится соответствие конструкции льготы конкретному инвестиционному ограничению.

Сочетание неоклассической, кейнсианской логики формирует основу для дифференцированной фискальной политики. Неоклассический блок объясняет влияние налогообложения на относительную привлекательность капитальных вложений, кейнсианский блок раскрывает зависимость инвестиционного спроса от экономической конъюнктуры, ожиданий, совокупных расходов. Их совместное применение дает возможность разделить ситуации, в которых инвестиционный проект сдерживается высокой стоимостью капитала, недостатком финансового ресурса, ограниченными перспективами реализации дополнительного выпуска.

Ограничения полученных выводов определяются составом рассмотренного корпуса публикаций. Значительная часть исследований относится к российской налоговой системе, отдельные работы используют международные сопоставления, различия в методиках оценки затрудняют непосредственное сравнение количественных результатов. Часть публикаций исследует институциональную конструкцию льгот, другая часть использует макроэкономические показатели, третья группа переносит оценку на уровень предприятия. Эти уровни описывают разные стадии одного механизма, поэтому итоговая оценка требует их последовательного соединения.

Исследовательская лакуна сохраняется в установлении дополнительного объема частных инвестиций, возникающего вследствие конкретного налогового стимула. Перспективное направление связано с сочетанием данных о получателях льгот, динамике их капиталовложений, структуре финансирования, отраслевых условиях, спросовых показателях. Такое сопоставление позволит разделить ценовой, финансовый, спросовый компоненты реакции предприятия, определить условия, при которых соответствующая налоговая преференция изменяет инвестиционное решение.

Заключение

Первая задача исследования решена посредством разграничения механизмов налогового воздействия на частные инвестиции. Неоклассический

подход связывает стимулирование с изменением стоимости капитала, посленалоговой доходности проекта, временной стоимости налоговых преимуществ. Кейнсианский подход связывает инвестиционную реакцию с эффективным спросом, ожиданиями предприятий, финансовыми возможностями частного сектора, общим воздействием фискальной политики на экономическую активность. Финансовый канал соединяет обе теоретические конструкции через влияние налоговой экономии на доступные предприятию ресурсы.

Вторая задача решена посредством систематизации инструментов по экономическому объекту, каналу воздействия. Доходно ориентированные меры изменяют посленалоговый финансовый результат, расходно ориентированные меры связывают налоговую экономию с капиталовложениями, амортизацией, НИОКР. По механизму влияния выделены ценовой, финансовый, спросовый каналы. Такая классификация позволяет соотнести форму налоговой преференции с причиной, ограничивающей инвестиционную активность.

Третья задача связана с определением условий результативности стимулирования. Эффект налоговой меры зависит от чувствительности инвестиций к стоимости капитала, структуры финансирования предприятия, момента получения налоговой экономии, состояния спроса, адресности льготы. Оценка результативности требует учитывать изменение инвестиционного поведения получателя, экономический эффект инвестиций, бюджетную стоимость предоставленной поддержки. Сочетание этих критериев формирует теоретическую основу выбора налогового инструмента по характеру инвестиционного ограничения, а не по величине предоставляемого налогового преимущества.

Литература

1. Балакин Р. В., Стешенко Ю. А. Выявление взаимосвязи между динамикой налоговых поступлений и приростом инвестиций // Финансовый журнал. 2026. Т. 18, № 2. С. 29–45. DOI 10.31107/2075-1990-2026-2-29-45.
2. Баснукаев М. Ш., Сулейманов М. М., Шахбанова А. М. Налоговое стимулирование инвестиций как инструмент экономического роста. Сравнительно-правовой анализ // Журнал прикладных исследований. 2026. № 5. С. 62–68. DOI 10.34755/IROK.2026.37.33.008.
3. Богачёв С. В., Вишневский В. П. Налоговое стимулирование экономического роста в России. Анализ с позиций налоговой динамичности // Terra Economicus. 2024. Т. 22, № 2. С. 22–38. DOI 10.18522/2073-6606-2024-22-2-22-38.
4. Варвус С. А. Инвестиционная деятельность и налоговое стимулирование. Проблемы и особенности // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 7-2. С. 260–265. DOI 10.17513/vaael.3590.
5. Гончаренко А. Е. Налоговое стимулирование инвестиционной деятельности в России. Проблемы и перспективы развития // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 3-1. С. 32–36. DOI 10.17513/vaael.3281.
6. Демидова С. Е., Тюрина Ю. Г. Оценка эффективности и масштабности управления налоговыми расходами на поддержку инвестиций и приоритетных отраслей экономики в странах G20 в период внешних шоков // Ars Administrandi. Искусство управления. 2025. Т. 17, № 1. С. 44–73. DOI 10.17072/2218-9173-2025-1-44-73.
7. Качур О. В. Налоговые льготы на НИОКР как инструмент стимулирования инвестиций // Современная экономика. Проблемы и решения. 2023. № 1. С. 118–130. DOI 10.17308/meps/2078-9017/2023/1/118-130.
8. Максутов Н. Б. Кейнсианский и неоклассический взгляд на роль фискальной политики в развитии макроэкономических процессов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 9-4 (96). С. 53–58. DOI 10.24412/2500-1000-2024-9-4-53-58.
9. Пинская М. Р., Стешенко Ю. А., Цаган-Манджиева К. Н. Оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот в России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 522–550. DOI 10.15826/vestnik.2023.22.3.022.
10. Староверова О. В. Налоговое стимулирование инвестиционной деятельности // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2023. Т. 12, № 1. С. 31–36. DOI 10.12737/2306-627X-2023-12-1-31-36.

Theoretical foundations of tax incentives for private investment: neoclassical and keynesian perspectives

Shestakov A.A.
RANEPA

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The subject of this study is the mechanism of tax influence on private investment, interpreted through the neoclassical logic of capital cost and investment project returns, and the Keynesian logic of aggregate demand, expectations, and private sector financial capacity. The topic's relevance stems from the use of tax incentives to stimulate capital investment amidst an ambiguous relationship between changes in the tax burden and actual investment dynamics. The study aims to systematize the theoretical foundations of tax incentives for private investment and to define the conditions for applying the relevant instruments. Methodologies employed include the analysis of scholarly publications, comparative and classification methods, logical-analytical techniques, generalization, and synthesis. The study reviews contemporary Russian-language research on fiscal policy, investment tax incentives, tax expenditures, R&D incentives, and corporate investment activity. Its scientific novelty lies in distinguishing between the price, financial, and demand-side channels of tax incentives and subsequently aligning them with neoclassical and Keynesian interpretations of investment behavior. The findings provide a basis for selecting tax instruments according to the nature of constraints on private investment and for evaluating their economic and budgetary effectiveness.

Keywords: tax incentives, private investment, fiscal policy, cost of capital, investment tax incentives, tax expenditures, investment tax deduction, aggregate demand, investment activity, R&D.

References

1. Balakin R. V., Steshenko Yu. A. Identifying the relationship between tax revenue dynamics and investment growth // Financial Journal. 2026. Vol. 18, No. 2. P. 29–45. DOI 10.31107/2075-1990-2026-2-29-45.
2. Basnukaev M. Sh., Suleymanov M. M., Shakhbanova A. M. Tax incentives for investment as a tool for economic growth: A comparative legal analysis // Journal of Applied Research. 2026. No. 5. P. 62–68. DOI 10.34755/IROK.2026.37.33.008.
3. Bogachev S. V., Vishnevsky V. P. Tax incentives for economic growth in Russia: An analysis based on tax dynamism // Terra Economicus. 2024. Vol. 22, No. 2. P. 22–38. DOI 10.18522/2073-6606-2024-22-2-22-38.
4. Varvus S. A. Investment activity and tax incentives: Issues and specific features // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2024. No. 7-2. P. 260–265. DOI 10.17513/vaael.3590.
5. Goncharenko A. E. Tax incentives for investment activity in Russia: Problems and development prospects // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2024. No. 3-1. Pp. 32–36. DOI 10.17513/vaael.3281.
6. Demidova S. E., Tyurina Yu. G. Assessment of the effectiveness and scale of tax expenditure management supporting investment and priority economic sectors in G20 countries during external shocks // Ars Administrandi. The Art of Management. 2025. Vol. 17, No. 1. Pp. 44–73. DOI 10.17072/2218-9173-2025-1-44-73.
7. Kachur O. V. R&D tax incentives as a tool for stimulating investment // Modern Economy: Problems and Solutions. 2023. No. 1. Pp. 118–130. DOI 10.17308/meps/2078-9017/2023/1/118-130.
8. Maksutov N. B. Keynesian and neoclassical perspectives on the role of fiscal policy in the development of macroeconomic processes // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024. No. 9-4 (96). Pp. 53–58. DOI 10.24412/2500-1000-2024-9-4-53-58.
9. Pinskaya M. R., Steshenko Yu. A., Tsagan-Mandzhieva K. N. Assessment of the effectiveness of investment tax incentives in Russia // Journal of Applied Economic Research. 2023. Vol. 22, No. 3. Pp. 522–550. DOI 10.15826/vestnik.2023.22.3.022.
10. Staroverova O. V. Tax Incentives for Investment Activity // Scientific Research and Development. Firm Economics. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 31–36. DOI 10.12737/2306-627X-2023-12-1-31-36.

Мировой опыт развития интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры

Цаликова Карина Ражидиновна
Заместитель начальника отдела контейнерных перевозок и развития терминально-складских комплексов, АО «Институт экономики и развития транспорта», TSalikovaKR@iedt.ru,

Шумовский Даниил Валентинович
Ведущий инженер отдела контейнерных перевозок и развития терминально-складских комплексов, АО «Институт экономики и развития транспорта», shumovskydv@iedt.ru,

Бабичев Евгений Сергеевич
Эксперт отдела контейнерных перевозок и развития терминально-складских комплексов, АО «Институт экономики и развития транспорта», BabichevES@iedt.ru

В статье рассматриваются примеры внедрения интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры, а также приводятся результаты проектов по внедрению таких систем. В ходе исследования использовались данные, полученные в результате кабинетного исследования и посещения отраслевых конференций. Из результатов исследования можно делать выводы о том, что применение интеллектуальных систем на грузовых терминалах становится необходимостью для эффективной организации бизнес-процессов и конкурирования на рынке транспортных услуг.
Ключевые слова. Грузовые терминалы, склады, роботизация, автоматизация, WMS, TOS, YMS, цифровизация, цифровые двойники.

Темпы роста глобальной контейнерной торговли свидетельствуют о том, что, несмотря на логистические кризисы последних лет, контейнеризация грузов укрепляется, как мировой тренд в транспортно-логистической отрасли. 2025 год характеризовался приростом объема мировой контейнерной торговли на 4% относительно аналогичного показателя 2024 года даже в условиях экономической нестабильности [1].

Глобальная интеграция логистических процессов требует универсальности и единообразия на всех этапах перевозочного процесса, из-за чего контейнерные перевозки становятся наиболее привлекательными для транспортного рынка. Контейнеризация грузов на железнодорожном транспорте отдельных стран может достигать 58%, вместе с тем, аналогичный показатель для железнодорожных перевозок в России по итогам 2025 года составил 7%. Такая разница может быть обусловлена тем, что в странах с наиболее высоким уровнем контейнеризации сконцентрированы основные мировые объекты портовой инфраструктуры, через которые осуществляется развоз грузов с морских контейнерных линий. Растущая значимость контейнерных перевозок придает особую стратегическую роль контейнерным терминалам в глобальной цепочке поставок [2]. Учитывая эту роль, на контейнерных терминалах предъявляются особые требования к оптимизации и эффективности производственных процессов. В этом контексте значимыми становятся задачи по внедрению и развитию интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры.

Актуальным вектором развития является переход от автоматизации рутинных операций к когнитивному управлению объектами терминально-логистической инфраструктуры. Данный процесс предполагает внедрение гибридных киберфизических систем, интегрирующих цифровые двойники динамических процессов с мультиагентными алгоритмами оптимизации. Особый научный интерес представляет апробация методов нейросетевого прогнозирования и нечеткой логики для нивелирования энтропии в цепях поставок, а также разработка механизмов адаптивного ситуационного управления, обеспечивающих устойчивость функционирования терминалов в условиях стохастической неопределенности внешней среды.

Кибернетическая парадигма [3], выступающая методологическим фундаментом развития интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры, трактует терминал не как пассивную совокупность технических средств, а как целенаправленную динамическую систему с активной обратной связью. В рамках этой парадигмы, управленческий цикл замыкается на принципах гомеостазиса – то есть, поддержания равновесия между входящим и исходящим грузопотоком и складскими/терминальными мощностями в условиях постоянных внешних возмущений [4]. Главным тут выступает переход от классической линейной регуляции к адаптивному ситуационному управлению, который реализуется через инструменты прецедентного анализа (извлечение уроков из прошлых пиковых нагрузок) и прогнозирующего контроля.

Стоит отметить, что одним из ключевых теоретических достижений в этой области является применение теории активных систем, где каждый агент (оператор крана, водитель, кладовщик) рассматривается как элемент, обладающий собственной мотивацией, а задача интеллектуальной надстройки сводится не к директивному управлению, а к координации и стимулированию их действий через единое информационное поле, обеспечивая тем самым синергетический эффект [5].

Цифровое моделирование в терминально-логистической инфраструктуре представляет собой киберфизический мост, создающий виртуальную копию физического объекта, процесса или системы с высокой детализацией, которая в реальном времени воспроизводит его характеристики и поведение [6]. Сама технология берет свое начало из космической программы NASA, но в портовой логистике она нашла свое развитие как инструмент сквозного управления – от причала до склада и выхода на магистрали, объединяя в единую живую виртуальную среду данные с камер, трекеров, IoT (Интернет вещей)-сенсоров и терминальной операционной системы (TOS) [7]. Современные системы, такие как THE TWINBRIDGE от Campo Technologies, обеспечивают обновление информации до 10 раз в секунду, позволяя оператору видеть не координаты, а траектории движения средств механизации и полную хронологию обработки каждого контейнера, что переводит управление на уровень ситуационной осознанности.

На стратегическом уровне цифровые двойники мультимодальных узлов (например, Хасанского транспортного узла в Приморье [6]) позволяют проигрывать сотни сценариев развития, обосновывать инвестиции и сокращать риски перерасхода средств, выявляя «узкие места» еще до начала строительства. На операционном уровне агентно-ориентированные модели (например, система муравьиных колоний) оптимизируют расписания разгрузки вагонов, складирования и швартовки судов в реальном времени, что в пилотных проектах повысило среднесуточные объемы перевалки на 4% при потенциале увеличения объемов переработки до 10% [8]. При этом, в контексте Индустрии 5.0 цифровое моделирование интегрируется с «умными контрактами»,

повышая отказоустойчивость сети на 45% [9]. Расчеты российских разработчиков показывают, что внедрение таких экосистем снижает логистические издержки на 18-30%, а время доставки до 25%, что подтверждает переход от точечной автоматизации к созданию самообучающихся интеллектуальных систем управления терминальной инфраструктурой [10].

Переход от пассивной автоматизации к интеллектуальному, адаптирующемуся управлению, в том числе, в терминально-складской логистике, был бы невозможен без применения искусственного интеллекта. Изменилась парадигма: если автоматизация следует жестким правилам, то ИИ позволяет системе непрерывно анализировать текущую ситуацию и выбирать оптимальные решения в реальном времени [11]. Это реализуется через предиктивную аналитику, где алгоритмы машинного обучения позволяют с высокой точностью прогнозировать потоки грузов, что дает возможность оптимизировать распределение трудовых ресурсов и складских мощностей, предотвращая простои и дефицит. Впечатляющие результаты внедрения подтверждаются статистикой: в «умных» складах точность инвентаризации достигает 99,9% (против 65–85% при штрихкодах), время комплектации заказа сокращается с 45 до 12 минут, а операционные издержки снижаются на 30% [12]. Согласно исследованию MIT CTL and Mecalux «The State of AI in Warehousing», 9 из 10 организаций уже используют ИИ или машинное обучение, добиваясь окупаемости инвестиций за 2-3 года [13]. Примером комплексного подхода служат внедрения мультиагентных ИИ-систем, которые автономно управляют всем складским двором — от планирования прибытия транспорта до его маршрутизации — минимизируя влияние человеческого фактора и повышая предсказуемость операций.

Трансформация бизнес-процессов на организационном уровне терминально-складской инфраструктуры - это комплексный процесс пересмотра управленческой культуры, операционных моделей и ролевых структур, направленный на создание единой, прозрачной и адаптивной экосистемы, где ключевым вектором остается централизация управления. Отказ от децентрализованной модели, где каждый терминал или склад работал в своей локальной логике и ИТ-системах, позволяет крупным игрокам выстроить единый логистический контур. Это критически важно для масштабирования и контроля: унифицированные бизнес-процессы по всем площадкам снижают издержки на сопровождение, исключают дублирование данных и обеспечивают единую картину для принятия стратегических решений [14].

Одним из примеров служит проект в группе компаний Global Ports, где был создан единый модуль управления техникой на базе 1С:ERP, унифицировавший процессы выдачи, обслуживания и контроля допусков на всех терминалах группы и исключивший ручной ввод данных [15]. Аналогичная логика прослеживается в проекте группы компаний «Смарт», где объединение разрозненных систем в «1С:ERP» позволило создать единое цифровое пространство, снизив трудозатраты на 25% и повысив скорость обработки заказов на 50% [16].

При этом, успешные проекты показывают, что технологии должны позиционироваться не как замена логиста, а как инструмент, снимающий рутину и позволяющий сосредоточиться на аналитике и стратегии. Критически важны вовлечение ключевых сотрудников в тестирование, обучение и формирование амбассадоров изменений внутри команды. Ведь техническая интеграция невозможна без преодоления человеческого фактора.

На уровне терминалов это дополняется внедрением принципов бережливого производства для оптимизации операций. Например, в АРМ Terminals Moin [17] анализ и перестройка процесса позволили сократить время инспекции порожних рефрижераторных контейнеров с 40 до 4 минут, практически устранив время ожидания для водителей. Научные исследования также подтверждают, что сочетание практик Agile и бережливого производства позволяет увеличить пропускную способность терминала без капитальных вложений, что особенно актуально, например, для портов с ограниченной территорией.

В том числе, меняется и роль руководителя логистики: управление становится глубоко экономически обоснованным, в том числе, модели расчета себестоимости по операциям позволяют детально видеть затраты на уровне отдельной единицы груза или клиента, переводя логистику в разряд управляемого элемента прибылей и убытков [18]. Это смещает фокус с выполнения операций на управление экономикой всей цепи поставок. Таким образом, организационная трансформация терминально-складской инфраструктуры — это переход к новой управленческой культуре, где централизация, человеческий капитал и экономическая аналитика являются основой для построения устойчивых и масштабируемых бизнес-моделей.

Внедрение автоматизированных и интеллектуальных систем на объектах терминально-складской инфраструктуры воспринимается многими специалистами отрасли, как «панацея» для повышения операционной эффективности. Считается, что цифровые сервисы обеспечивают снижение операционных затрат в долгосрочной перспективе, повышают надежность и предсказуемость процессов, а также способствует оптимизации в управлении площадями на грузовых терминалах. Кроме того, драйвером цифровизации терминально-логистической инфраструктуры выступает динамичное развитие смежных отраслей: увеличение размера и вместимости судов, повышение скорости обработки грузов, а также потребность рынка в прозрачности перевозочного процесса. Важно понимать, что под реализацией интеллектуальных систем и автоматизацией терминально-логистических объектов подразумевается, как комплексное внедрение инноваций, так и развитие отдельных составляющих процесса обработки грузов. Независимо от масштаба инновационных проектов, все они предъявляют жесткие требования к универсальности, отлаженности бизнес-процессов и инфраструктуре. Исходя из этого, грузовые терминалы, осуществляющие переработку контейнерных грузов, оказываются наиболее приспособленными под инновации, за счет единообразия базовых операций на большинстве таких терминалов.

Условно, автоматизацию терминально-логистических процессов можно разделить на 3 уровня [19]:

1 уровень – это автоматизация отдельных технологических действий, которые выполняются при помощи грузоподъемных механизмов (контейнерными перегружателями, крановым оборудованием и т.д.). Автоматизации могут быть подвергнуты как отдельные операции, например, изменение скорости движения техники, захват груза, изменение положения груза, так и полная автоматизация управления грузоподъемными механизмами.

2 уровень – это автоматизация групп технологических единиц, объединенных в общий технологический процесс. На этом уровне совершенствуются уже не только отдельные производственные операции, но и весь процесс комплексно.

3 уровень – это создание единой интеллектуальной среды, в которой консолидируются все автоматизированные решения на терминале, формируя мастер-систему управления объектами терминально-логистической инфраструктуры. Такими системами, как правило, выступают WMS и TOS (Warehouse Management System и Terminal Operating System), а также их различные подсистемы.

Развитие интеллектуальных систем управления объектами терминально-логистической инфраструктуры подразумевает формирование единого цифрового пространства, которое объединяет в себе информацию о состоянии технических средств и механизмов, составе и параметрах грузов, а также прозрачные и достоверные сведения об операционных процессах на терминале. Так, например, порт Лос-Анджелеса на постоянной основе инвестирует в комплекс технологических решений, которые помогают оптимизировать процессы при взаимодействии с портовой инфраструктурой. Порт Лос-Анджелеса находится в заливе Сан-Педро и считается самым загруженным контейнерным портом в Северной Америке. В порту используются современные технологии, повышающие эффективность, предсказуемость и надежность перевозок в сообщении с портом [20]. Вместе с соседним портом Лонг-Бич они образуют единый комплекс залива Сан-Педро, совместно обрабатывая около трети всех контейнерных импортных грузов, поступающих в США.

Интеллектуальная система Port Optimizer – одна из таких технологий. Система представляет собой динамичный облачный сервис, который консолидирует как ретроспективные, так и прогнозные данные о морских перевозках. Она позволяет грузоотправителям, грузовладельцам, операторам терминалов и другим участникам перевозочного процесса наиболее эффективно планировать перевозки в одном из самых загруженных портов США. Port Optimizer предоставляет пользователю возможность получать актуальные сведения о наборе грузов в порту и отслеживать прогнозные объемы грузовой работы на перспективу до трех недель. Кроме того, в систему интегрированы данные о времени оборота грузового автотранспорта в заливе Сан-Педро, которые обновляются в режиме реального времени. Port Optimizer также информирует водителей автотранспорта о том, когда и куда следует осуществлять возврат порожних контейнеров по всему портовому комплексу [21].

Компания Maersk совместно с IMB в 2019 году запустила проект разработки цифрового двойника порта. Целью проекта стало создание системы, которая в режиме реального времени позволяет проводить моделирование, оптимизацию и прогнозирование транспортно-логистических процессов портовой инфраструктуры. Проект был разделен на 4 этапа. На первом этапе проводился анализ ретроспективных данных за 2 года по 10 портам. Эти данные позволили определить типовые узкие места в процессах работы портовой инфраструктуры. Второй этап состоял в пилотном внедрении проекта на инфраструктуре порта Роттердам. Для пилотного внедрения были установлены более 5 тысяч IoT-датчиков, которые позволили отслеживать весогабаритные характеристики и положение грузов на терминале, а также состояние техники и погодные условия. Данные с датчиков поступали в виртуальную модель, включающую в себя объемную карту инфраструктуры, агрегирование и визуализацию транспортных потоков, расписание движения транспорта на терминале. Третьим этапом в систему были внедрены элементы машинного обучения. Система получила возможность без участия человека назначать фронты проведения погрузочно-разгрузочных работ, а также отслеживать маршруты судна посредствам судовых датчиков и определять время его фактического прибытия. Это сократило время перемещения контейнеров на 25%. Кроме того, был реализован модуль прогнозирования сбоев в работе механизмов. Искусственный интеллект предупреждал о повреждениях с точностью до 89% (в среднем за 5 часов до их возникновения). Финальным этапом проекта стало масштабирование системы на инфраструктуре других портов под оперированием компании Maersk в Сингапуре, Лос-Анджелесе и Шанхае. Адаптация системы на каждом из портов заняла от 4 до 6 месяцев [22].

Внедрение автоматизированных технологий в портах Филиппин обеспечило увеличение эффективности обработки контейнеров на 30-50% [23]. Ав-

томатизация позволила организовать круглосуточную работу портовой инфраструктуры, а также интегрировать порты в глобальную систему морских перевозок. Развитие получил Манильский международный контейнерный терминал, порты Себу, Даво-Саса, международный терминал в заливе Субик, а также второстепенные порты, межостровные контейнерные хабы и промышленные порты.

На современных терминалах Филиппин обработка контейнеров производится при помощи автоматизированных и роботизированных механизмов. Они оснащены системами точного позиционирования, обеспечивающими наиболее плотное размещение контейнеров на площадках. Кроме того, интеллектуальные алгоритмы оптимизируют перемещение техники для повышения операционной эффективности и экономии топливо-энергетических ресурсов. Управление работой автономных механизмов на таких терминалах осуществляется при помощи комплексных платформ, которые совершенствуют и связывают между собой все транспортно-логистические процессы в порту. Алгоритмы, интегрированные в такие платформы, как и в аналогичных системах западных стран, позволяют прогнозировать прибытие судов, автоматически распределять фронты погрузки и выгрузки грузов, планировать перемещение контейнеров, а также распределять ресурсы портовой инфраструктуры исходя из изменяющихся условий. Вместе с тем, интеллектуальные системы портов интегрируется с судоходными линиями для автоматизации таможенных процедур и увязки процессов в глобальной цепочке поставок.

Помимо портовой инфраструктуры, интеллектуальные системы активно внедряются в складском сегменте транспортно-логистического рынка. Условно «идеальным» результатом автоматизации производственных процессов в складской логистике можно назвать концепцию «темного склада». «Темный склад» – это складской комплекс, все производственные процессы на котором автоматизированы и выполняются без участия человека. Заинтересованность отрасли в реализации этой концепции продиктована рядом параметров, в числе которых кадровый голод, а также повышающиеся требования к продукту транспортных услуг не только со стороны конечного потребителя, но и смежных участников. Эти факторы заставляют обращать особое внимание на потери, возникающие при перевозочной деятельности. Такие потери особенно явно могут проявляться при влиянии человеческого фактора. Полная автоматизация склада же дает возможность свести к минимуму потери при избыточных операциях, снизить риски возникновения нештатных ситуаций и минимизировать затраты, что, в свою очередь, приводит к значительному повышению показателей эффективности работы и конечной прибыли.

Примером, наиболее близким к концепции «темного склада» может считаться автономный склад компании Suning Logistics в городе Нанкин в Китайской провинции Цзянсу. На складе осуществляется обработка грузов с помощью набора технологических решений: роботизированные механизмы, использование сетей 5G, а также интеллектуальные системы управления терминально-складской инфраструктурой. Склад занимает площадь более 200 тысяч квадратных метров и способен обрабатывать около 20 миллионов единиц товаров. Система управления складом осуществляет полный цикл переработки груза: прием, размещение и хранение, комплектация и упаковка, а также сортировка и нанесение маркировки без непосредственного участия человека. В концепции склада задача человека, преимущественно, состоит в мониторинге состояния программно-аппаратного комплекса. Suning Logistics сообщает, что автономная модель управления повысила эффективность сбора продукции в 5 раз относительно аналогичного процесса с участием человека [24].

Исходя из вышесказанного, интеллектуальные системы управления объектами терминально-логистической инфраструктурой получают повсеместное распространение. Внедрение таких систем демонстрирует достаточно высокую целесообразность, что подтверждается мировой практикой. Вместе с тем, согласно опросу, проведенному McKinsey & Company [25], фактические производственные показатели работы портов после автоматизации не показывают ожидаемых результатов. Результаты внедрения современных автоматизированных систем свидетельствуют о повышении безопасности, снижении нарушений, в связи с влиянием человеческого фактора, а также росте прозрачности производственных процессов. В то же время, скорость обработки грузов автоматизированными системами не всегда превышает аналогичные операции, выполняемые человеком. Так, например, складские мобильные вилочные погрузчики (FMR) показывают свою эффективность на длинных плечах перемещения грузов, в то время, как короткие плечи эффективнее обрабатывать ручным трудом. Таким образом, роботы становятся эффективными на крупных объектах терминально-логистической инфраструктуры с отлаженными бизнес-процессами. Кроме того, процесс внедрения и развития интеллектуальных систем, как и реализация автоматизированных систем требует значительных инвестиций. По словам Джина Серока (Gene Seroka) – директора порта Лос-Анджелес, капиталовложения в проект автоматизации могут составлять до 2 млн долларов США на 4 тыс. кв. м. (в ценах 2018 года). Остается неочевидным вопрос окупаемости инвестиций. Так, грузовой терминал APM в Роттердаме начал приносить дивиденды спустя более чем 25 лет. При этом, полуавтоматизированный порт в Венгрии той же самой компании был продан из-за низкой доходности.

Литература

1. Аналитические материалы. — Текст: электронный // АО "ИЭРТ": [сайт]. — URL: http://iedt.ru/analitika (дата обращения: 10.06.2026).
2. Joan, P. M. Alignments between strategic content and process structure: the case of container terminal service process automation / P. M. Joan, Wang Ping, Zeng Qingchen.
URL: https://www.researchgate.net/publication/316328185_Alignments_between_strategic_content_and_process_structure_the_case_of_container_terminal_service_process_automation
3. Закон необходимого разнообразия и кибернетик у. Эшби. — Текст: электронный // Studfile: [сайт]. — URL: https://studfile.net/preview/9581682/page:13/ (дата обращения: 22.06.2026).
4. Винер, Н. Машина умнее своего создателя / Н. Винер. — Текст: непосредственный // Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. — 1983. — № 2. — С. 308-314.
5. Кулжабаев, Н. М. Разработка и исследование методов критериального управления активной системы производственно-транспортного типа: специальность 05.13.10: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Кулжабаев Насанбадрядден Мубаракович; Институт проблем упр. РАН. — М., 1998. — 260 с. — Текст: непосредственный.
6. Simetra и МГУ им. Невельского разработали цифровой двойник Хасанского транспортного узла Приморского края. — Текст: электронный // www.cnews.ru: [сайт]. — URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-10-23_simetra_i_mgu_imnevelskogo (дата обращения: 18.06.2026).
7. Introducing The TwinBridge: Seeing the Terminal Come to Life – From Truck to Vessel. — Текст: электронный // www.worldcargonews.com: [сайт]. — URL: https://www.worldcargonews.com/ict-automation/2025/12/introducing-the-twinbridge-seeing-the-terminal-come-to-life-from-truck-to-vessel/ (дата обращения: 18.06.2026).
8. Optimization of Operations in Solid Bulk Port Terminals Using Digital Twin / J. Neyra, L. Silva, J. Netto, A. Medina. — Текст: непосредственный // Winter Simulation Conference (WSC). — Seattle: IEEE, 2025.
9. Shabnam, Rekabi Digital Twin-integrated circular Dry Port-Seaport network with smart contract and viability Dimensions: A case study / Rekabi Shabnam, Sazvar Zeinab. — Текст: непосредственный // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. — 2026. — № 210.
10. ИТ в логистике: от цифровых двойников до роботизации складов. — Текст: электронный // РБК Компании: [сайт]. — URL: https://companies.rbc.ru/news/edLvmFdIWQ/it-v-logistike-ot-tsifrovyih-dvojnikov-do-robotizatsii-skladov/ (дата обращения: 19.06.2026).
11. Почему в логистике уже недостаточно одной автоматизации: роль искусственного интеллекта. — Текст: электронный // LeverX : [сайт]. — URL: https://leverx.com/ru/newsroom/ai-driven-logistics-decision-making (дата обращения: 22.06.2026).
12. Intelligent Warehousing: A Machine Learning and IoT Framework for Precision Inventory Optimization / Raju Arvind V, R. M. Shrinidhi, T. Deepa, M. Maheedhar. URL: https://www.researchgate.net/publication/395914380_Intelligent_Warehousing_A_Machine_Learning_and_IoT_Framework_for_Precision_Inventory_Optimization
13. MIT CTL-Mecalux Report: The State of AI in Warehousing and its Impact in Global Media. — Текст: электронный // ctl.mit.edu: [сайт]. — URL: https://ctl.mit.edu/news/mit-ctl-mecalux-report-state-ai-warehousing-and-its-impact-global-media (дата обращения: 22.06.2026).
14. В систему управления KONCRIT|YMS внедрили пять ИИ-агентов. — Текст: электронный // Компьютерра: [сайт]. — URL: https://www.computerra.ru/325555/v-sistemu-upravleniya-koncrit-yms-vnedrili-pyat-ii-agentov/ (дата обращения: 22.06.2026).
15. На морских грузовых терминалах группы Global Ports внедрили модуль управления техникой. — Текст: электронный // 1С Консалтинг: [сайт]. — URL: https://consulting.1c.ru/cases/181366.html (дата обращения: 19.06.2026).
16. От разрозненных систем к единой платформе: цифровая трансформация группы компаний «Смарт» при поддержке Sensu. — Текст: электронный // Cnews: [сайт]. — URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-11-10_ot_razroznennyh_sistem_k (дата обращения: 19.06.2026).
17. Lean principles reduce empty reefer inspections. — Текст: электронный // 2.apmterminals: [сайт]. — URL: https://www2.apmterminals.com/en/news/news-releases/2024/240701-lean-principles-reduce-empty-reefer-inspections (дата обращения: 22.06.2026).
18. Новые модели управления, ИТ и не только: небанальные тренды логистики 2026. — Текст: электронный // КОРУС Логистика: [сайт]. — URL: https://wms.korusconsulting.ru/expertise/novye-modeli-upravleniya-it-nebanalnye-trendy-logistiki-2026/ (дата обращения: 21.06.2026).
19. Петрова, Е. Е. Анализ опыта автоматизации и роботизации операционных процессов контейнерного терминала / Е. Е. Петрова, В. В. Ганнесен. — Текст: непосредственный // Научные проблемы водного транспорта — 2024. — № 78. — С. 178-190.
20. Port of los angeles: key information and useful stats. — Текст: электронный // gocemet.com: [сайт]. — URL: https://www.gocomet.com/blog/port-of-los-angeles-all-key-information/#Management (дата обращения: 20.06.2026).
21. Port of Los Angeles Rolls Out New Components to Port Optimizer Digital Platform. — Текст: электронный // Hellenic Shipping News: [сайт]. — URL: https://www.hellenicshippingnews.com/port-of-los-angeles-rolls-out-new-components-to-port-optimizer-digital-platform/ (дата обращения: 20.06.2026).

22. Цифровой двойник порта ускоряет погрузку судов на 20%. Подробный разбор проекта. — Текст: электронный // upperator : [сайт]. — URL: https://upperator.ru/twin-optimise-port-activities (дата обращения: 19.06.2026).
23. Automated Container Handling: Revolutionary Technology for Philippine Port Operations. — Текст: электронный // premier: [сайт]. — URL: https://premier-heavyequipment.com/automated-container-handling-port-guide/ (дата обращения: 19.06.2026).
24. В Китае разработали автоматизированный склад, работающий без людей. — Текст: электронный // ATI.SU: [сайт]. — URL: https://news.ati.su/news/2020/08/17/v-kitae-razrabotali-avtomatizirovannyj-sklad-rabotajuschij-bez-ljudej-video-231497/ (дата обращения: 20.06.2026).
25. Кузичева, Д. Автоматизация портов делает их менее производительными и рентабельными - McKinsey / Кузичева Дарья. — Текст : электронный // iot.ru : [сайт]. — URL: https://iot.ru/promyshlennost/avtomatizatsiya-portov-delaet-ikh-menee-proizvoditelnymi-i-rentabelnymi-mckinsey (дата обращения: 20.06.2026).

Global Experience in the Development of Intelligent Management Systems for Terminal and Logistics Infrastructure Facilities

Tsalikova K.R., Shumovsky D.V., Babichev E.S.
JSC "Institute for the Economy and Development of Transport"

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines examples of the implementation of intelligent management systems for terminal and logistics infrastructure facilities and presents the outcomes of projects involving such systems. The study draws upon data gathered through desk research and participation in industry conferences. The findings suggest that the deployment of intelligent systems at freight terminals is becoming essential for the efficient organization of business processes and for maintaining competitiveness in the transport services market.

Keywords: Freight terminals, warehouses, robotization, automation, WMS, TOS, YMS, digitalization, digital twins.

References

1. Analytical Materials. — Text: electronic // JSC "IEDT": [website]. — URL: http://iedt.ru/analitika (accessed: 10.06.2026).
2. Joan, P. M. Alignments between strategic content and process structure: the case of container terminal service process automation / P. M. Joan, Wang Ping, Zeng Qingchen. URL: https://www.researchgate.net/publication/316328185_Alignments_between_strategic_content_and_process_structure_the_case_of_container_terminal_service_process_automation
3. The Law of Requisite Variety and the Cyberneticist W. R. Ashby. — Text: electronic // Studfile: [website]. — URL: https://studfile.net/preview/9581682/page:13/ (accessed: 22.06.2026).
4. Wiener, N. A Machine Smarter Than Its Creator / N. Wiener. — Text: direct // Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. — 1983. — No. 2. — pp. 308–314.
5. Kulzhabayev, N. M. Development and Investigation of Methods for Criterion-Based Control of an Active System of the Production-Transport Type: Specialty 05.13.10: Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Kulzhabayev Nasanbadryadden Mubarakovich; Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences. — Moscow, 1998. — 260 p. — Text: direct.
6. Simetra and Lomonosov Moscow State University A digital twin of the Khasansky transport hub in Primorsky Krai has been developed [by the Nevelskoy Maritime State University]. — Text: electronic // www.cnews.ru: [website]. — URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-10-23_simetra_i_mgu_imnevelskogo (accessed: 18.06.2026).
7. Introducing The TwinBridge: Seeing the Terminal Come to Life – From Truck to Vessel. — Text: electronic // www.worldcargonews.com: [website]. — URL: https://www.worldcargonews.com/ict-automation/2025/12/introducing-the-twinbridge-seeing-the-terminal-come-to-life-from-truck-to-vessel/ (accessed: 18.06.2026).
8. Optimization of Operations in Solid Bulk Port Terminals Using Digital Twin / J. Neyra, L. Silva, J. Netto, A. Medina. — Text: direct // Winter Simulation Conference (WSC). — Seattle: IEEE, 2025.
9. Shabnam, Rekabi. Digital Twin-integrated circular Dry Port-Seaport network with smart contract and viability dimensions: A case study / Rekabi Shabnam, Sazvar Zeinab. — Text: direct // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. — 2026. — No. 210.
10. IT in Logistics: From Digital Twins to Warehouse Robotization. — Text: electronic // RBC Companies: [website]. — URL: https://companies.rbc.ru/news/edLvmFdIWQ/it-v-logistike-ot-tsifrovyih-dvojnikov-do-robotizatsii-skladov/ (accessed: 19.06.2026).
11. Why Automation Alone Is No Longer Enough in Logistics: The Role of Artificial Intelligence. — Text: electronic // LeverX: [website]. — URL: https://leverx.com/ru/newsroom/ai-driven-logistics-decision-making (accessed: 22.06.2026). 12. Intelligent Warehousing: A Machine Learning and IoT Framework for Precision Inventory Optimization / Raju Arvind V, R. M. Shrinidhi, T. Deepa, M. Maheedhar. URL: https://www.researchgate.net/publication/395914380_Intelligent_Warehousing_A_Machine_Learning_and_IoT_Framework_for_Precision_Inventory_Optimization
13. MIT CTL-Mecalux Report: The State of AI in Warehousing and its Impact in Global Media. — Electronic resource // ctl.mit.edu: [website]. — URL: https://ctl.mit.edu/news/mit-ctl-mecalux-report-state-ai-warehousing-and-its-impact-global-media (accessed: 22.06.2026).
14. Five AI agents integrated into the KONCRIT|YMS management system. — Electronic resource // Computerra: [website]. — URL: https://www.computerra.ru/325555/v-sistemu-upravleniya-koncrit-yms-vnedrili-pyat-ii-agentov/ (accessed: 22.06.2026).
15. Equipment management module implemented at Global Ports Group's marine cargo terminals. — Electronic resource // 1C Consulting: [website]. — URL: https://consulting.1c.ru/cases/181366.html (accessed: 19.06.2026).
16. From disparate systems to a unified platform: digital transformation of the Smart Group of Companies with support from Sensu. — Electronic resource // CNews: [website]. — URL: https://www.cnews.ru/news/line/2025-11-10_ot_razroznennyh_sistem_k (accessed: 19.06.2026).
17. Lean principles reduce empty reefer inspections. — Text: electronic // 2.apmterminals: [website]. — URL: https://www2.apmterminals.com/en/news/news-releases/2024/240701-lean-principles-reduce-empty-reefer-inspections (accessed: 22.06.2026).
18. New management models, IT, and more: unconventional logistics trends for 2026. — Text: electronic // KORUS Logistics: [website]. — URL: https://wms.korusconsulting.ru/expertise/novye-modeli-upravleniya-it-nebanalnye-trendy-logistiki-2026/ (accessed: 21.06.2026).
19. Petrova, E. E. Analysis of the experience in automating and robotizing operational processes at a container terminal / E. E. Petrova, V. V. Gannesen. — Text: direct // Scientific Problems of Water Transport — 2024. — No. 78. — pp. 178–190.
20. Port of Los Angeles: key information and useful stats. — Text: electronic // gocemet.com: [website]. — URL: https://www.gocomet.com/blog/port-of-los-angeles-all-key-information/#Management (accessed: 20.06.2026). 21. Port of Los Angeles Rolls Out New Components to Port Optimizer Digital Platform. — Text: electronic // Hellenic Shipping News: [website]. — URL: https://www.hellenicshippingnews.com/port-of-los-angeles-rolls-out-new-components-to-port-optimizer-digital-platform/ (accessed: 20.06.2026).
22. Digital Twin of a Port Accelerates Vessel Loading by 20%. A Detailed Analysis of the Project. — Text: electronic // upperator: [website]. — URL: https://upperator.ru/twin-optimise-port-activities (accessed: 19.06.2026).
23. Automated Container Handling: Revolutionary Technology for Philippine Port Operations. — Text: electronic // premier: [website]. — URL: https://premier-heavyequipment.com/automated-container-handling-port-guide/ (accessed: 19.06.2026).
24. An Automated, Unmanned Warehouse Developed in China. — Text: electronic // ATI.SU: [website]. — URL: https://news.ati.su/news/2020/08/17/v-kitae-razrabotali-avtomatizirovannyj-sklad-rabotajuschij-bez-ljudej-video-231497/ (accessed: 20.06.2026).
25. Kuzicheva, D. Port Automation Makes Ports Less Productive and Profitable — McKinsey / Darya Kuzicheva. — Text: electronic // iot.ru: [website]. — URL: https://iot.ru/promyshlennost/avtomatizatsiya-portov-delaet-ikh-menee-proizvoditelnymi-i-rentabelnymi-mckinsey (accessed: 20.06.2026).

Асимметричное проявление энергетического кризиса ЕС в Германии, Польше, Венгрии и Испании

Васюк Михаил Артемович
аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, vasuk.mikhail@gmail.com

В статье рассмотрены особенности проявления энергетического кризис в 4 странах Европейского союза: Германии, Польше, Венгрии и Испании. Исходя из различной динамики изменения цен на ключевые виды энергии – электричество и природный газ – а также инфраструктурных особенностей, структуры энергобаланса и других параметров выделены 4 вида национальной уязвимости. На основании анализа страновых примеров данные виды уязвимостей характерны для следующих стран: Германия – индустриально-трансформационный; Польша – угольно-социальный; Венгрия – импортозависимый геополитический; Испания – сетево-инфраструктурный.
Ключевые слова: энергетика, энергетический кризис, ЕС, ФРГ, Польша, Венгрия, Испания, энергетическая политика.

Исследование энергетического кризиса в Европейском союзе необходимо осуществлять не только через призму общеевропейского уровня, где ЕС выступает единым хозяйственным комплексом, но и на страновом уровне. Различия между странами вызваны различной структурой энергобаланса, разной степенью зависимости от внешних поставщиков, неодинаковым уровнем развития энергетической инфраструктуры и различными политическими ограничениями в области энергоперехода.

Для странового анализа возможно формирование модели проявления кризиса на страновом уровне на основе различных критериев, включая структуру энергобаланса, зависимости от импорта, структуры потребления и многих других. Однако характер проявления энергетического кризиса в странах Европейского союза связан с ключевой уязвимостью. На основании рассматриваемых примеров представляется возможным выделить, по меньшей мере, четыре основных типа такой уязвимости: индустриально-трансформационный, угольно-социальный, импортозависимый геополитический и сетево-инфраструктурный. В соответствии с данной логикой далее будут рассмотрены Германия, Польша, Венгрия и Испания как наиболее показательные кейсы асимметричного проявления единого кризиса в рамках ЕС [16,18].

Рассмотрение проявления и модели энергетического кризиса для большей иллюстративности необходимо с учетом динамики цен на электричество и природный газ – как ключевых энергоносителей, используемые домохозяйствами и в промышленности. Расчет цен произведен следующим образом: взята средняя цена на электричество и природный для промышленных покупателей и домовладений, которые ранжированы по разным тарифам в зависимости от объема потребления. Для возможности прямого сравнения взята цена в евро с учетом налогов за киловатт-час вырабатываемой электроэнергии и его эквивалента, вырабатываемого газом.

Ниже представлен сравнительный анализ динамики цен на энергоносители (электричество и природный газ) для домовладений (Д.) и промышленных предприятий (П.) в период с 2021 по 2024 год (по полугодиям). Анализ построен на сопоставлении средних показателей по Евросоюзу (ЕС) с национальными данными ФРГ, Испании, Венгрии и Польши. Начнем рассмотрение с Германии, динамика цен представлена на рисунке 1.

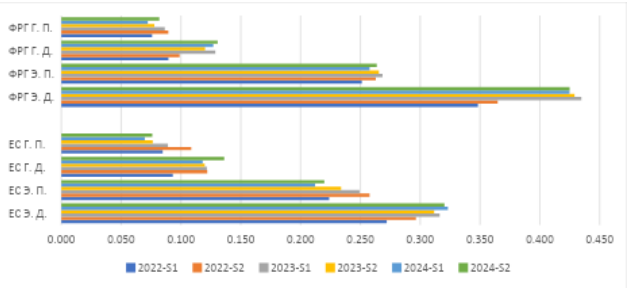


Рисунок 1 – Сравнение цен на природный газ и электроэнергию между ЕС и Германией в 2022-2024 гг., цены в евро за киловатт/час за полугодие.
Источник: составлено автором на основе данных Евростата [10,11,14,15].

Цены на электроэнергию в Германии значительно превышали общий европейский уровень. На пике разница между ценой на электричество для домовладений была выше на 30% (1-ое полугодие 2023 г. 0.336 за к-Ватт/ч в ЕС и 0.435 за к-Ватт/ч в Германии) и порядка 10% для промышленности (1-ое полугодие 2023 г. 0.249 за к-Ватт/ч в ЕС и 0.269 за к-Ватт/ч в Германии). При этом в 2024 г. для промышленности на общеевропейском уровне в промышленном сегменте произошло снижение цены, а в Германии цены практически не изменились. Для природного газа – цены полностью повторяют общеевропейский тренд.

Немецкий случай представляет собой наиболее показательный пример индустриально-трансформационного типа кризисной уязвимости, при котором энергетический шок разворачивался одновременно из-за сочетания существующей внешней зависимости, проблемы устойчивости трансформации внутреннего энергобаланса, и стратегических ограничений, заданных предшествующим курсом энергетической политики страны [9]. С одной стороны, именно Германия в наибольшей степени ощутила последствия нарушения поставок российского газа, длительное время занимавшего системообразующее место в снабжении промышленности и коммунально-энергетического сектора; с другой стороны, одновременный отказ от атомной энергетики и необходимость ускоренного расширения альтернативного импорта, включая СПГ, привели к вынужденному сочетанию взаимоисключающих по своей долгосрочной логике мер – от временного расширения использования угля до наращивания импорта электроэнергии и ускоренного ввода регазификационных мощностей [5].

Для Германии современный кризис стал не только внешним шоком, но и тестом на устойчивость самой модели трансформации энергетической политики [8]. Пример политики Германии демонстрирует кризис индустриальной экономики, в которой была сделана попытка совместить ускоренный энергопереход с экстренной стабилизацией снабжения в условиях высокой доли ВИЭ. Далее обратимся к данным по Испании, представленные на рисунке 2.

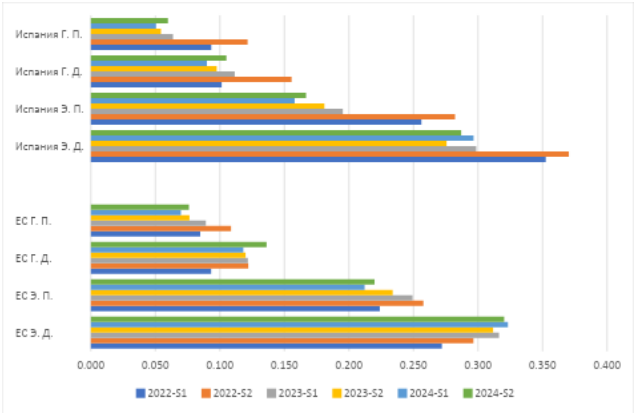


Рисунок 2 – Сравнение цен на природный газ и электроэнергию между ЕС и Испанией в 2022-2024 гг., цены в евро за киловатт/час за полугодие.
Источник: составлено автором на основе данных Евростата [10,11,14,15].

Цены на электричество и газ в Испании до кризиса находились на среднеевропейском уровне, однако в 2022 г. пережили самый резкий рост, и даже превысили на европейский уровень практически в 1.5 раза. К 2024 г. ситуация на рынке стабилизировалась ниже среднеевропейского уровня: по электричеству в ЕС для домовладений – 0.32 евро за к-Ватт/ч, для предприятий – 0.22 евро за к-Ватт/ч, а в Испании – 0.28 и 0.16 евро за к-Ватт/ч, соответственно; аналогично по газу – для домовладений 0.105 евро за к-Ватт/ч, и для предприятий 0.060 евро за к-Ватт/ч, в Испании, для домовладений 0.136 евро за к-Ватт/ч, и для предприятий 0.076 евро за к-Ватт/ч среднеевропейский уровень.

Испания демонстрирует пример иной формы уязвимости перед лицом энергетического кризиса из-за ограничений сетевого комплекса, межсистемной связанности и способности энергосистемы к балансировке. Сетево-инфраструктурный тип кризисной уязвимости, характерный для Испании, позволяет добавить дополнительное измерение в анализе современного энергетического кризиса в ЕС. В отличие от Германии, Польши и Венгрии, где ключевую роль играли либо импортная зависимость, либо особенности топливного баланса, испанский пример показывает, что даже относительно диверсифицированная модель энергоснабжения и наличие значительных мощностей по приему СПГ не гарантируют полной устойчивости в условиях ограниченной межсистемной связанности, недостаточной пропускной способности интерконнекторов и повышенных требований к балансировке энергосистемы [6]. Именно поэтому испанский опыт позволяет трактовать современный энергетический кризис шире, чем кризис поставок нефти и газа в узком смысле.

По мере роста доли возобновляемой генерации, усложнения режимов сетевого регулирования и усиления зависимости от трансграничного перераспределения мощности возрастает значение таких факторов, как устойчивость сетей, наличие резервов, способность к аккумулированию энергии и качество межсистемной координации. В этом отношении Испания демонстрирует переход от преимущественно сырьевой модели кризиса к инфраструктурно-системной, в рамках которой сбой может возникать не только из-за нехватки топлива, но и вследствие диспропорций между генерацией, сетевой архитектурой и механизмами балансировки [4].

Далее рассмотрим проявление кризиса в Польше и начнем с динамики цен на природный газ и электричество, данные представлены на рисунке 3.

В Польше ситуация развивалась по кардинально другому сценарию, когда в 2021-2022 гг. цены в Польше сохраняли устойчивость по сравнению с общеевропейским уровнем. Однако с 2023 г. начался рост цен: для электричества для промышленности 0.266 евро за к-Ватт/ч и 0.232 евро за к-Ватт/ч для домовладений и в конце цены стабилизировались на уровне 0.25 евро за к-Ватт/ч против общеевропейского уровня 0.220 евро за к-Ватт/ч для предприятий и 0.320 евро за к-Ватт/ч. Цены на газ повторяют динамику общеевропейских цен, но остаются ниже на 10-15%, при этом цены для домовладений ниже общеевропейского уровня (0.075 евро за к-Ватт/ч). Отдельно необходимо подчеркнуть, что в Польше большое внимание уделяется социальной стабильности и осуществляется максимальное сдерживание цен для домовладений.

Польша представляет собой иной тип кризисной уязвимости, который можно определить как угольно-социальный. В отличие от Германии, где в центре кризиса находилось противоречие между индустриальной зависимостью от газа и моделью энергоперехода, польский случай в большей степени связан с длительным сохранением угольной основы энергобаланса, ограниченной скоростью структурной модернизации и необходимостью одновременно приспосабливаться к росту цен на газ, электричество и топливные ресурсы в общеевропейском масштабе [12]. В результате кризис в Польше проявлялся не столько как одномоментное разрушение одного критически важного канала – импорта углеводородного сырья, сколько как наложение общеевропейского шока на внутренне инерционную модель энергоснабжения. Дополнительную специфику польскому кейсу придает социальное измерение кризиса, поскольку энергетическое давление совпало с масштабной нагрузкой на систему местного потребления, социальной поддержки и коммунального обеспечения, связанной также с притоком украинских беженцев. В этих условиях энергетический кризис приобретал не только отраслевой, но и выраженный социально-бюджетный характер, а проблема устойчивости снабжения начинала рассматриваться в комплексе с вопросами доступности энергии для населения, местных бюджетов и социальной инфраструктуры [1].

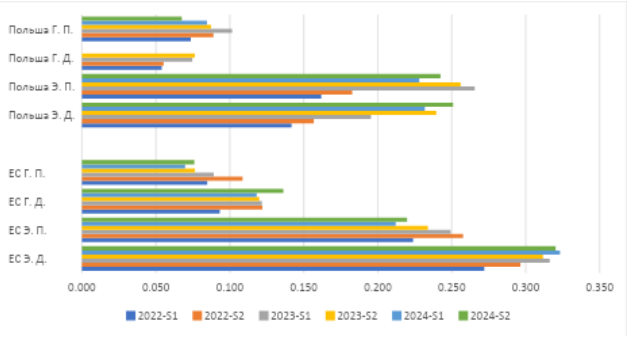


Рисунок 3 – Сравнение цен на природный газ и электроэнергию между ЕС и Польшей в 2022-2024 гг., цены в евро за киловатт/час за полугодие.
Источник: составлено автором на основе данных Евростата [10,11,14,15].

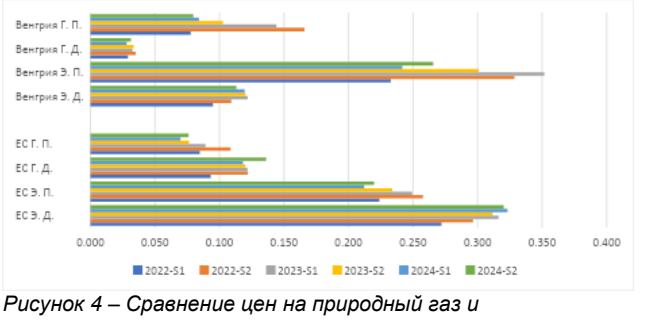


Рисунок 4 – Сравнение цен на природный газ и электроэнергию между ЕС и Венгрией в 2022-2024 гг., цены в евро за киловатт/час за полугодие.
Источник: составлено автором на основе данных Евростата [10,11,14,15].

В случае Венгрии важным аспектом является государственное регулирование цен на газ и электричество, благодаря чему цены держались заметно ниже европейского уровня: электричество 0.095 – 0.122 евро за киловатт/час; газ не более 0.035 евро за киловатт/час, что 3-4 раза ниже. Оборотной стороной стал резкий скачок цен для промышленности и на электричество, и на природный газ: на пике кризиса в 2023 г. цены на электричество составляли 0.321–0.351 евро за киловатт/час, а цены на природный газ – 0.144-0.166 евро за киловатт/час, что на 40-50% превышало общеевропейский уровень. Другими словами, можно говорить о формировании ситуации контрастов – дешевая энергия для домохозяйств и крайне высокие цены для промышленности, что создает значительный вызов для экономики страны.

В случае Венгрии ключевым фактором проявления энергетического кризиса является высокая зависимость от одного внешнего поставщика и связанное с ней политическое напряжение внутри самого Европейского союза. Венгрия представляет собой импортозависимый геополитический тип кризисной уязвимости, при котором энергетический шок особенно остро проявляется в силу высокой привязки к внешнему поставщику и ограниченности быстрого использования альтернатив.

В отличие от Германии и Польши, где кризис был тесно связан с внутренней трансформацией энергобаланса, Венгрия, несмотря на введенные санкции и ограничения, все еще сохраняет зависимость от поставок российского газа и нефти, а также связанного с Россией ядерно-энергетического топлива. Это означает, что общеевропейская стратегия сокращения энергетической взаимосвязи с РФ для Венгрии изначально несла более высокие прямые издержки, чем для ряда других стран ЕС [2]. Вследствие этого энергетический кризис в Венгрии приобрел выраженное политическое измерение: необходимость поддерживать энергетическую устойчивость заставляла национальное руководство сочетать фор-

мальную включенность в общеевропейскую санкционную и энергетическую политику с сохранением прагматических каналов взаимодействия с Россией. Тем самым венгерский кейс показывает, что внутри ЕС энергетический кризис не только усиливал экономическое давление, но и обнажал пределы общеевропейской унификации подходов к вопросам энергобезопасности [3].

Сопоставление рассмотренных национальных кейсов позволяет зафиксировать принципиально важное для настоящего исследования обстоятельство, состоящее в том, что современный энергетический кризис в Европейском союзе развивался не как однородный и равномерно распределённый общеевропейский шок, а как процесс дифференцированного воспроизводства одной и той же совокупности факторов в институционально, инфраструктурно и структурно различной среде [7].

Именно этим объясняется, что немецкий и польский случаи, при внешней принадлежности к одному кризисному пространству, репрезентируют качественно разные типы напряжения. Так, в Германии, где последние три атомные электростанции были окончательно выведены из эксплуатации 15 апреля 2023 г., кризис приобрёл форму острого противоречия между логикой индустриальной конкурентоспособности, исторически опиравшейся на сравнительно дешёвый импортный газ, и логикой энергоперехода, вследствие чего система была вынуждена одновременно прибегать к расширению резервной угольной генерации, дополнительному импорту электроэнергии и ускоренному инфраструктурному манёвру. При этом последующая динамика после 2024 г. дополнительно показала, что крупнейшим внешним поставщиком электроэнергии в Германию стала Франция, передавшая 15,8 ТВт/ч, тогда как сама французская генерация в 2024 г. на 67% формировалась за счёт атомной энергии, что позволяет говорить о своеобразном внешнем компенсировании германского отказа от атомной энергетики через общеевропейский рынок [13].

Хотя, как подчёркивает Bundesnetzagentur, импорт носил прежде всего ценовой, а не дефицитный характер [19]. Польский случай, напротив, показывает, что кризис мог углубляться и в системе, где решающим ограничителем выступала не утрата одного доминирующего внешнего поставщика, а инерция угольного энергобаланс: Польша по-прежнему опирается на добываемые внутри страны каменный и бурый уголь, а уголь и угольное топливо составляют около 33% её совокупного энергоснабжения; вместе с тем кризис здесь был наложен на масштабную социальную нагрузку, связанную с пребыванием в стране 998 070 украинских беженцев по состоянию на февраль 2025 г., причём эта нагрузка не может интерпретироваться исключительно как макроэкономический минус, поскольку совместная оценка UNHCR и Deloitte указывает на положительный чистый вклад украинских беженцев в ВВП Польши в 2024 г. на уровне 2,7%, что делает польский кейс особенно показательным примером переплетения энергетической, социальной и трудовой динамики [17].

В случае Венгрии, чья общая импортозависимость в 2020 г. достигала 87%, а доля России составляла 64% в импорте сырой нефти и 95% в импорте газа, при одновременной зависимости от российских поставок ядерного топлива и новых ядерных инвестиций, оказалась в положении, при котором общеевропейская стратегия форсированного разрыва прежних энергетических связей неизбежно вступала в противоречие с задачей поддержания краткосрочной устойчивости национального снабжения. Испания, напротив, демонстрирует другую, более современную форму уязвимости: при наличии крупнейшего в Европе парка СПГ-терминалов её значение для общеевропейской энергетической безопасности длительное время ограничивалось слабой межсистемной связанностью с Францией, мощность которой составляла лишь 2,8 ГВт, или около 2,8% установленной мощности страны. Блэкаут 28 апреля 2025 г., который ENTSO-E связала с несовершенством в регулировании напряжения и быстрыми снижениями выдачи и каскадными отключениями генерации, показал, что по мере продвижения энергоперехода кризисная уязвимость всё в большей степени смещается из плоскости физической доступности топлива в плоскость сетевой инфраструктуры и трансграничной координации [16,21].

Таблица 1
Сравнительная характеристика типов национальной уязвимости в условиях современного энергетического кризиса в ЕС

Страна	Тип национальной уязвимости	Структурное ядро уязвимости	Ключевое кризисное проявление	Аналитическое значение
Германия	Индустриально-трансформационный	Высокая промышленная нагрузка, прежняя опора на импорт дешевого газа, завершение отказа от атомной генерации	Разрыв поставок газа наложился на завершение закрытия атомных энергетических станций, расширение резервной угольной генерации и рост импорта электроэнергии	Показывает, что энергопереход при недостатке резервов гибкости поставок способен усиливать индустриальную и ценовую уязвимость
Польша	Угольно-социальный	Инерционный угольный энергобаланс, ограниченная скорость структурной модернизации, высокая социальная чувствительность	Общеевропейский ценовой шок передавался через угольную структуру, коммунальный сектор и социально-бюджетную нагрузку	Показывает, что декарбонизация в ЕС требует не только технологических, но и социальных механизмов адаптации
Венгрия	Импорто-зависимый геополи-тический	Высокая зависимость от российских нефти, газа и ядерного топлива, ограниченность быстрых альтернатив	Общеевропейская линия на разрыв энергетических связей с РФ вступала в противоречие с краткосрочной устойчивостью национального снабжения	Показывает пределы однородности санкционной и энергетической политики ЕС
Испания	Сетево-инфра-структурный	Крупные СПГ-мощности при слабой межсистемной связанности и возрастании требований к балансировке сети	Уязвимость проявляется не только через топливный дефицит, но и через сетевую нестабильность, интерконнекторы и системные услуги	Показывает, что новая энергетическая безопасность ЕС всё больше зависит от развития сетевого комплекса, аккумулирования и трансграничной координации

Источник: составлено автором.

Исходя из вышеизложенного можно следующим образом систематизировать типы национальных уязвимостей, что представлено в таблице 1.

Таким образом, страновой анализ позволяет сделать вывод, о том что асимметрия кризисных проявлений была не побочным эффектом единого общеевропейского шока, а его структурной характеристикой, поскольку один и тот же набор внешних ограничений – разрыв поставок, рост цен, инфраструктурная перестройка и нормативное давление энергоперехода – последовательно преломлялся через национально неодинаковые комбинации энергоресурсной базы, технологических решений, межсистемной интеграции и политической манёвренности. Именно поэтому Германия, Польша, Венгрия и Испания не образуют ряд частных исключений, а репрезентируют представляют четыре устойчивых режима кризисной восприимчивости, в совокупности позволяющих выявить реальные пределы однородности европейского энергетического пространства и, следовательно, более точно определить рамки применимости общеевропейских антикризисных инструментов.

Литература

1. Доценко П. А. Страны Центральной Европы перед вызовами третьего десятилетия. Механизмы стабилизации кризисных ситуаций //Вишеградская Европа. Центральноевропейский журнал. – 2023. – №. 4 (20). – С. 123-126.
2. Кавешников Н. Ю. Реакция Евросоюза на энергетический кризис 2022 г //С28 Седьмой международный экономический симпозиум—2023. Материалы меж. – 2023. – Т. 12907. – №. 10.03. – С. 473.
3. Каталин М. Стрессоустойчивость и политическое развитие Европы в период кризиса: случай Венгрии //Политическая наука. – 2022. – №. 2. – С. 53-73.
4. Коротина Н. Ю. Развитие федеративной экономики и экономики регионов в пространственно неоднородных системах. – 2024.
5. Олежна Л. В. Европейский Союз в глобальной конкуренции юрисдикций //Актуальные проблемы российского права. – 2023. – Т. 18. – №. 11 (156). – С. 174-190.
6. Рогинко С. А. Энергетический кризис ЕС и европейский энергетический рынок //Современная Европа. – 2024. – №. 3 (124). – С. 95-110.
7. Шуранова А. А., Петрунин Ю. Ю. Энергетический кризис 2021-2022 гг. в отношениях России и Европейского союза //Государственное управление. Электронный вестник. – 2022. – №. 90. – С. 74-89.
8. Calanter P., Zisu D. EU policies to combat the energy crisis //Global economic observer. – 2022. – Т. 10. – №. 1. – С. 26-33.
9. Date: April 28, 2025 Blackout // ENTSOE. URL: https://www.entsoe.eu/publications/blackout/28-april-2025-iberian-blackout/ (дата обращения: 18.08.2026)
10. Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_204__custom_22393241/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
11. Electricity prices for industrial consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205__custom_22393244/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
12. Energy transition towards net zero, URL: https://www.iea.org/reports/hungary-2022/executive-summary (дата обращения: 18.08.2026)
13. Evaluation of last year, URL: https://www.smard.de/page/en/topic-article/5892/215704/evaluation-of-last-year (дата обращения: 18.08.2026)

14. Gas prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_202__custom_22393239/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
15. Gas prices for industrial consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_203__custom_22393227/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
16. Liu Y., Xie X., Wang M. Energy structure and carbon emission: Analysis against the background of the current energy crisis in the EU //Energy. – 2023. – Т. 280. – С. 128129.
17. POLAND FACT SHEET URL: https://www.unhcr.org/sites/default/files/2025-04/bi-annual-fact-sheet-2025-02-poland.pdf?utm_source=chatgpt.com [23.03.2026]
18. Surwillo I. Reflections on the energy crisis in Europe //BIG ISSUES. – 2022. – С. 107-113.
19. The nuclear phase-out in Germany, URL: https://www.base.bund.de/en/nuclear-safety/nuclear-phase-out/nuclear-phase-out_content.html [23.03.2026]
20. Urbano E. M., Kampouropoulos K., Romeral L. Energy crisis in europe: The european union's objectives and countries' policy trends—new transition paths? //Energies. – 2023. – Т. 16. – №. 16. – С. 5957.
21. Wei X. et al. Analysis of the European energy crisis and its implications for the development of strategic energy storage in China //Journal of Energy Storage. – 2024. – Т. 82. – С. 110522.

Asymmetric manifestation of the eu energy crisis in Germany, Poland, Hungary and Spain

Vasyuk M.A.
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the specific features of the energy crisis in four European Union countries: Germany, Poland, Hungary, and Spain. Based on the varying dynamics of price changes for key types of energy — electricity and natural gas — as well as infrastructure features, the structure of the energy balance, and other parameters, four types of national vulnerability have been identified. Based on an analysis of country-specific examples, these types of vulnerabilities are characteristic of the following countries: Germany — an industrial-transformational one; Poland — a coal-social one; Hungary — an import-dependent geopolitical one; Spain — a network-infrastructure one.

Keywords: energy, energy crisis, EU, Germany, Poland, Hungary, Spain, energy policy.

References

1. Dotsenko P. A. Central European countries facing the challenges of the third decade. Mechanisms for stabilizing crisis situations //Visegrád Europe. Central European Journal. – 2023. – No. 4 (20). – Pp. 123–126.
2. Kaveshnikov N. Yu. The European Union's response to the 2022 energy crisis //C28 Seventh International Economic Symposium — 2023. Materials of the inter. – 2023. – Vol. 12907. – No. 10.03. – P. 473.
3. Katalin M. Stress Resistance and Political Development in Europe during the Crisis: The Case of Hungary //Political Science. – 2022. – No. 2. – P. 53–73.
4. Korotina N. Yu. Development of a Federal Economy and Regional Economies in Spatially Heterogeneous Systems. – 2024.
5. Ozhezhna L. V. The European Union in the Global Competition of Jurisdictions //Actual Problems of Russian Law. – 2023. – Vol. 18. – No. 11 (156). – Pp. 174–190.
6. Roginko S. A. The EU Energy Crisis and the European Energy Market //Modern Europe. – 2024. – No. 1 (124). – Pp. 95–110.
7. Shuranova A. A., Petrunin Yu. Yu. The 2021–2022 energy crisis in relations between Russia and the European Union //Public Administration. Electronic Bulletin. – 2022. – No. 90. – Pp. 74–89.
8. Calanter P., Zisu D. EU policies to combat the energy crisis //Global economic observer. – 2022. – Т. 10. – №. 1. – С. 26-33.
9. Date: April 28, 2025 Blackout // ENTSOE. URL: https://www.entsoe.eu/publications/blackout/28-april-2025-iberian-blackout/ (дата обращения: 18.08.2026)
10. Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_204__custom_22393241/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
11. Electricity prices for industrial consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205__custom_22393244/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
12. Energy transition towards net zero, URL: https://www.iea.org/reports/hungary-2022/executive-summary (дата обращения: 18.08.2026)
13. Evaluation of last year, URL: https://www.smard.de/page/en/topic-article/5892/215704/evaluation-of-last-year (дата обращения: 18.08.2026)
14. Gas prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_202__custom_22393239/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
15. Gas prices for industrial consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) // EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_203__custom_22393227/default/table (дата обращения: 18.08.2026)
16. Liu Y., Xie X., Wang M. Energy structure and carbon emission: Analysis against the background of the current energy crisis in the EU //Energy. – 2023. – Т. 280. – С. 128129.
17. POLAND FACT SHEET URL: https://www.unhcr.org/sites/default/files/2025-04/bi-annual-fact-sheet-2025-02-poland.pdf?utm_source=chatgpt.com [23.03.2026]
18. Surwillo I. Reflections on the energy crisis in Europe //BIG ISSUES. – 2022. – С. 107-113.
19. The nuclear phase-out in Germany, URL: https://www.base.bund.de/en/nuclear-safety/nuclear-phase-out/nuclear-phase-out_content.html [23.03.2026]
20. Urbano E. M., Kampouropoulos K., Romeral L. Energy crisis in europe: The european union's objectives and countries' policy trends—new transition paths? //Energies. – 2023. – Т. 16. – №. 16. – С. 5957.
21. Wei X. et al. Analysis of the European energy crisis and its implications for the development of strategic energy storage in China //Journal of Energy Storage. – 2024. – Т. 82. – С. 110522.

Изменение структуры и географии экспорта российской нефти в условиях 20-го пакета санкций ЕС

Газдиев Идрис Ибрагимович
к.э.н., доцент кафедры международного бизнеса, факультет международных экономических отношений, Финансовый университет, gazdievidris@mail.ru,

Татулян Каринэ Артуровна
студентка, факультет Международных экономических отношений, Финансовый университет,

Гафурова Карина Ринатовна
студентка, факультет Международных экономических отношений, Финансовый университет

Статья посвящена количественной оценке изменений в российском нефтяном экспорте, последовавших за вступлением в силу 20-го пакета санкций ЕС от 23 апреля 2026 года. На основе данных Министерства финансов РФ, статистики морских перевозок Kpler и аналитических обзоров Международного энергетического агентства анализируются бюджетные поступления от нефтегазового сектора, динамика экспорта сырой нефти и нефтепродуктов, а также географическое перераспределение потоков в апреле 2026 г. Выявлено, что дополнительные нефтегазовые доходы бюджета практически обнулились, а доля нефти в структуре нефтегазовых поступлений достигла 91%. Зафиксировано разнонаправленное движение объёмов: экспорт сырой нефти вырос на 250 тыс. барр./сут., тогда как поставки нефтепродуктов сократились на 340 тыс. барр./сут. до исторического минимума. Отмечено появление Египта в качестве нового транзитного хаба (в среднем 200 тыс. барр./сут. Urals) и временное сужение дисконта Urals к эталонному маркеру Dated с 28,34 до 23,94 долл./барр., обеспечившее рост выручки до 19,18 млрд долл. США. Дальнейшее наращивание поставок ограничивается исчерпанием пропускной способности трубопроводной системы ВСТО и терминала Козьмино, а модернизация инфраструктуры заблокирована санкционными запретами на поставку оборудования.

Ключевые слова: Нефть, экспорт, санкции, российский нефтяной экспорт, 20-й пакет санкций ЕС, нефтегазовые доходы, структура экспорта, географическая переориентация, ценовые дисконты, теневой флот, транзитные хабы.

ВВЕДЕНИЕ

Вступление в силу 20-го пакета санкций Европейского союза 23 апреля 2026 г. ознаменовало переход от количественных ограничений импорта к качественному изменению условий доступа российской нефти к международной логистической, страховой и расчётной инфраструктуре.

Принятый 23 апреля 2026 г. Регламент Совета ЕС 2026/506 внёс изменения в статью 3n базового Регламента 833/2014, фактически отменив автоматический режим применения ценового потолка и заменив его решением, принимаемым по итогам политических консультаций в рамках G7. Одновременно Регламент 2026/509 распространил блокирующие меры на юридических лиц из третьих стран (включая Altrum Group FZCO и SCT Chemicals FZE в ОАЭ), а также дополнил Приложение XIII перечнем из 46 судов, идентифицируемых теперь не по признаку завышенной цены, а по нерегулярным методам мореходства. В свою очередь, Регламент 2026/511 ввёл механизм принудительного отказа от импорта российской нефти через условную разморозку активов подсанкционных организаций.

В отличие от предшествующих пакетов, эффекты нового регулирования проявляются не столько в немедленном сокращении физических объёмов поставок, сколько в трансформации структуры экспортных потоков, изменении географической направленности и фискальной результативности каждого барреля [6].

Анализ строится вокруг трёх взаимосвязанных блоков: бюджетные последствия (сжатие дополнительных нефтегазовых доходов), структурный сдвиг в пользу вывоза сырой нефти вместо продуктов переработки и географическая переориентация потоков с преимущественным ростом поставок в страны Азиатско-Тихоокеанского региона и Восточного Средиземноморья. Полученные результаты позволяют отделить временные конъюнктурные факторы (рост мировых цен на фоне перекрытия Ормузского пролива, выгрузка плавучих запасов) от долгосрочных структурных ограничений, связанных с достижением пропускной мощности трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» и портовых мощностей, а также с юридической невозможностью привлечения европейского оборудования для модернизации повреждённой инфраструктуры.

Динамика нефтяных доходов России

Для оценки воздействия 20-го пакета санкций Европейского союза на российский нефтяной экспорт необходимо проанализировать общую тенденцию изменения бюджетных поступлений от нефтегазового сектора. За последние несколько лет физические объемы экспорта сохраняются, но фискальная отдача от каждого барреля устойчиво снижается.

В Таблице 1 приведены общие доходы федерального бюджета, нефтегазовые доходы (далее – НГД), их доля в валовом внутреннем продукте, а также разделение НГД на базовую и дополнительную компоненты.

Таблица 1
Доходы федерального бюджета в 2014 - 2028 гг., млрд. руб.
Источник: Составлено авторами на основе данных Министерства финансов РФ [1], [2], [3].

Год	Доходы, всего	Нефтегазовые доходы	Нефтегазовые, % ВВП	Базовые нефтегазовые доходы	Дополнительные нефтегазовые доходы
2014	14 496,9	7 433,8	10,4	-	-
2015	13 659,2	5 862,7	8,4	-	-
2016	13 460,0	4 844,0	6,7	-	-
2017	15 088,9	5 971,9	7,8	-	-
2018	19 454,4	9 017,8	9,9	-	-
2019	20 188,8	7 924,3	7,2	4 967,4	2 956,8
2020	18 719,1	5 235,2	4,9	5 557,6	–322,3
2021	25 286,4	9 056,5	6,7	5 889,5	3 167,0
2022	27 824,4	11 586,2	7,6	6 508,9	5 077,3
2023	29 124,0	8 822,3	5	8 000,0	822,3
2024	36 708,6	11 131,1	5,5	9 831,2	1 299,8
2025	37 084,7	8 653,9	4	8 575,6	78,3
2026	40 283,3	8 918,5	3,8	8 957,0	–38,5
2027	42 910,4	9 050,4	3,5	8 708,3	342,1
2028	45 869,4	9 704,7	3,5	8 922,1	782,6

Для оценки фискальной эффективности обратим внимание на дополнительные НГД. В 2021 году, до начала масштабного санкционного давления, этот показатель составлял 3 167,0 млрд руб., что свидетельствовало о превышении цен на российскую нефть Urals над базовой ценой отсечения и о наличии значительной сверхприбыли, изымаемой бюджетной системой.

В 2022 году, несмотря на введение первых санкционных пакетов, дополнительные НГД выросли до 5 077,3 млрд руб. Однако данный рост не был обусловлен укреплением конкурентных позиций России, а являлся следствием резкого повышения мировых цен на нефть в условиях ожидания глобального дефицита. В 2023 году дополнительная компонента сократилась до

822,3 млрд руб., то есть более чем в шесть раз по сравнению с предыдущим годом. При этом базовые НГД увеличились до 8 000,0 млрд руб.. Указанная динамика показывает, что расходная часть бюджета возросла, тогда как рыночная сверхдоходность экспорта практически исчезла.

Механизм описанного сжатия связан с введением ценового потолка и сопутствующих запретов на предоставление страховых и брокерских услуг. Российская нефть продолжает поступать на мировые рынки, однако дисконт Urals к эталонному сорту Brent увеличился настолько, что цена реализации приблизилась к базовой «цене отсечения» или опустилась ниже неё. Именно этим объясняется обнуление дополнительных НГД в 2025 году и их отрицательное значение в 2026 году.

Доля нефтегазовых доходов в ВВП в прогнозный период 2026–2028 годов составляет 3,5–3,8%, что почти в три раза ниже уровня 2014 года. При этом, согласно прогнозу Министерства экономического развития РФ, физические объемы экспорта нефти в 2025 году ожидались на уровне 240,1 млн тонн, лишь на 2,08% ниже показателя 2024 года. На 2026–2028 годы министерство прогнозировало восстановление поставок до 241,7–251,2 млн тонн.

Из приведенных данных следует вывод, что 20-й пакет санкций и кумулятивный эффект предыдущих ограничительных мер изменили не объём экспорта, а его фискальную результативность. Каждый баррель, поставляемый на внешние рынки, приносит бюджету меньше рублей по сравнению с до-санкционным периодом.

Следует отметить, что бюджетная система уже проходила этап сжатия нефтегазовых поступлений в 2014–2016 годах: за указанный период НГД сократились с 7,43 трлн до 4,84 трлн руб. (падение на 35%). Однако в том случае причиной послужил ценовой шок, а компенсация выпадающих доходов осуществлялась за счет роста ненефтегазовых поступлений. В текущей ситуации механизм иной. Падение вызвано прямыми ограничениями доступа к традиционным рынкам сбыта и к западной логистической, страховой и финансовой инфраструктурам. Если в 2014–2016 годах рынок восстанавливался естественным путём, то в настоящее время восстановление упирается в искусственные барьеры, созданные санкционными режимами.

На рисунке 1 представлена динамика общих и нефтегазовых доходов федерального бюджета в 2018–2025 годах. Доля нефти в структуре нефтегазовых доходов увеличилась с 58% в 2018 году до 91% в 2024 году. Это демонстрирует процесс замещения газовой ренты нефтяной на фоне потери европейского рынка трубопроводного газа.

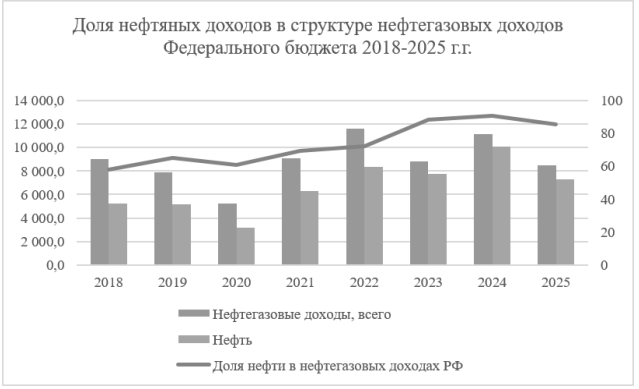


Рисунок 1. Динамика общих и нефтегазовых доходов федерального бюджета Российской Федерации, 2014–2028 гг., млрд руб. Источник: Составлено авторами на основе данных Министерства финансов РФ.

Годовая динамика, представленная на Рисунке 1, демонстрирует долгосрочный тренд на увеличение доли нефти в структуре нефтегазовых доходов, то для оценки непосредственного влияния 20-го пакета санкций необходимо обратиться к месячным показателям первого квартала и апреля 2026 года.

На рисунке 2 представлены помесячные данные о нефтегазовых доходах, нефтяных доходах и доле нефти в нефтегазовых доходах федерального бюджета за январь–апрель 2026 года.

В январе–марте 2026 года доля нефти в нефтегазовых доходах колебалась в диапазоне 80–85%. В апреле 2026 года нефтяные доходы резко выросли, а их доля достигла более 90%. Газовый фактор практически исчез из бюджетных поступлений.

Данное изменение объясняется тремя причинами: прекращением транзита газа через Украину, резким ростом мировых цен на нефть на фоне перекрытия Ормузского пролива и превентивным спросом импортёров (Индии, Египта) в преддверии введения санкций.

В результате, к апрелю 2026 года нефть стала единственным значимым источником нефтегазовых доходов бюджета. Это означает, что любые санкционные ограничения против нефтяного экспорта наносят прямой удар по бюджетной системе.



Рисунок 2. Нефтегазовые доходы, нефтяные доходы и доля нефти в НГД РФ, январь–апрель 2026 года.

Изменение структуры экспорта

Важным положением, которое не зафиксировано в тексте регламентов, но является прямым следствием 20-го пакета в сочетании с иными факторами, становится изменение структуры вывозимых из России нефтяных товаров. Сочетание санкционного давления с физическими атаками на нефтеперерабатывающие заводы и портовую инфраструктуру вынуждает Россию пересматривать, какие именно объемы и в каком виде поступают на экспорт.

Атаки на НПЗ, подробно описанные в Oil Market Report за 13 мая 2026 года, в сочетании с тем, что восстановление осложнено санкционными запретами на поставку оборудования, приводят к сокращению переработки. В результате падают объёмы вывоза нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью: дизельного топлива, мазута, бензина. При этом экспорт сырой нефти, напротив, растёт, поскольку сырье не успевает или не может быть переработано на месте. Для экспортной структуры это означает постепенный сдвиг в сторону «сырьевой модели», то есть вывоза не переработанных продуктов, а сырой нефти. Такая модель снижает не только добавленную стоимость, остающуюся в стране, но и маржинальность самих экспортных потоков, поскольку сырая нефть торгуется с меньшей премией по сравнению с нефтепродуктами, и при этом требует большего объема танкерного флота на единицу энергетического эквивалента.

Блокировка обходных маршрутов

Помимо изменений в регламентах, 20-й пакет санкций впервые ввел прямые ограничения в отношении конкретных портов и перевалочных хабов, где российская нефть смешивалась с нефтью из других стран. В результате получалась смесь, происхождение которой документально не привязано к России. Таким образом, ещё до введения 20-го пакета в ЕС продолжали поступать как сырая нефть, так и продукты нефтехимии (битум, асфальт, резина, пластмасса) через схемы смешения или транзитной переработки в третьих странах. В начале 2026 года эти механизмы оставались основными для сохранения объемов экспорта, несмотря на формальное ужесточение режима.

В санкционные списки (Приложение XLII к Регламенту 833/2014) были включены российские экспортные порты Мурманск и Туапсе, а также индонезийский нефтяной терминал Каримун.

Включение Мурманска и Туапсе имеет для экспортной структуры двойной эффект. С одной стороны, эти порты традиционно использовались для отгрузки сырой нефти и нефтепродуктов в обход основных балтийских и черноморских маршрутов. Например, для поставок в страны Северной Европы и Атлантического бассейна.

С другой стороны, их физическая инфраструктура уже пострадала от атак, что зафиксировано в отраслевых отчетах, в частности, в Oil Market Report Международного энергетического агентства от 13 мая 2026 года [4, стр. 27-28]. Наложение санкционной блокировки на поврежденную инфраструктуру делает её восстановление не только технически, но и юридически затруднительным. Теперь любые европейские компании, которые могли бы поставлять оборудование или оказывать услуги по ремонту, отрезаны санкциями.

Терминал Каримун в Индонезии представляет собой ещё более показательный пример. Ранее через него осуществлялись перевалки с судна на судно, подмена документов о происхождении груза и иные операции, позволяющие маскировать российскую нефть. Включение Каримуна в санкционный список означает, что ЕС перешел к отслеживанию и блокировке обходных маршрутов не только на территории России, но и в третьих странах, где сосредоточены основные перевалочные хабы. Любой маршрут, который используется для сокрытия российского происхождения нефти, может быть идентифицирован и подвергнут санкционному давлению, независимо от его географического расположения.

Географическая переориентация

За период с февраля 2022 г. по апрель 2026 г. география поставок российской нефти претерпела кардинальные изменения: доля Европы сократилась с 45–50% до практически нулевых значений, тогда как доля Азии (прежде всего Китая и Индии) превысила 80% [6]. Аналогичные тенденции зафиксированы в исследовании А.И. Громова, который на основе данных

морского экспорта показывает, что традиционные западные маршруты уступили место восточным и южным направлениям [7]. Однако, как показывают данные апреля 2026 г., на процесс географической переориентации влияют как краткосрочные ценовые и статистические факторы, так и новые инфраструктурные ограничения, вводимые санкционными пакетами.

Помимо теневого флота есть другой путь. Нефть доставляется в третьи страны, где работает крупная нефтепереработка – прежде всего в Индию и Китай. Там российское сырьё перерабатывается в дизель, бензин, авиакеросин. И эти продукты, с новым таможенным кодом и страной происхождения, идут в США, Великобританию и в страны ЕС.

Так, Индия с 2023 по 2025 год была гигантским хабом по поставкам в Европу российского сырья после переработки. В 2021 году Индия закупила у России всего 4,5 млн тонн сырой нефти. В 2024 году – уже 92 млн тонн. К началу 2025 года российская нефть обеспечивала примерно 40% всего индийского импорта этого сырья [5].

Странами-хабами для российской нефти также были Грузия и Турция. Страны не перерабатывали нефть, а экспортировали транзитом через свои порты российскую нефть.

С 21 января 2026 года прямой импорт нефтепродуктов из российского сырья в ЕС запрещен. Однако продукты продолжают поступать в страны ЕС, США и другие страны, присоединившиеся к пакетам санкций ЕС, но после смешения российской нефти с нефтью других стран, о чем мы говорили ранее.

В апреле 2026 г. общий объём экспорта российской нефти сорта Urals достиг 1,9 млн барр./сут., что сопоставимо с уровнями, предшествовавшими эскалации конфликта с Украиной [4]. Это свидетельствует о загрузке наливных мощностей, близкой к предельной, и о том, что краткосрочный шок от санкций в значительной степени преодолен. Однако структурно значимым изменением стало появление нового крупного направления – Египта [7].

В среднем за апрель в Египет было направлено 200 тыс. барр./сут. Urals5, а на пике третьей недели месяца – 380 тыс. барр./сут.5 , обладающий развитой портовой инфраструктурой (Сид-Керир на Средиземном море, Айн-Сохна на Красном море) и нефтепроводом SUMED, позволяющим перекачивать нефть между морями в обход Суэцкого канала, превратился в транзитный хаб. Расширение географии экспорта в страны Северной Африки, включая Египет, отмечается и в работе А.И. Громова как одно из ключевых следствий санкционных ограничений [7]. Через Египет российская нефть поступает как на внутренний рынок (после модернизации НПЗ в Мостуроде и Александрии), так и, в значительной степени, экспортируется в Азию и Африку. Тем самым Египет занял нишу, ранее частично принадлежавшую турецким портам и ОАЭ.

Одновременно с этим Китай и Индия – два крупнейших импортёра российской нефти – сократили закупки в апреле на 380 тыс. барр./сут.5 каждая, до 1,4 и 1,6 млн барр./сут. соответственно. Такое сокращение носит статистический характер: мартовские объёмы были завышены за счет выгрузки плавучих запасов, попавших под временное освобождение от санкций США.

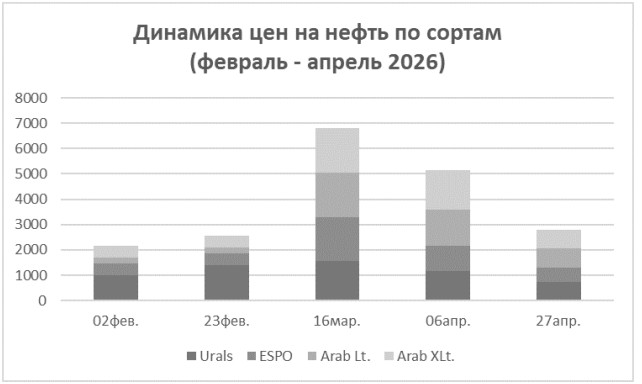


Рисунок 3. Импорт сырой нефти из Индии – отдельные сорта. Источник: Kpler

Иная картина наблюдалась для восточносибирского сорта ESPO (Eastern Siberia – Pacific Ocean), ориентированного на терминал Козьмино и трубопровод ВСТО. В апреле 2026 г. экспорт ESPO в Китай сократился на 150 тыс. барр./сут., тогда как поставки в Индию выросли на сопоставимую величину, достигнув рекордных 310 тыс. барр./сут. Причиной этого стало смещение индийского спроса в сторону легкой малосернистой нефти после прекращения поставок ближневосточного аналога – саудовской лёгкой нефти Arab Light. Ранее Саудовская Аравия экспортировала в Индию в феврале 2026 г. около 590 тыс. барр./сут. и существенно сократила эти потоки после перекрытия Ормузского пролива. В результате, произошёл межсортовой сдвиг: индийские НПЗ (включая комплекс Reliance в Джамнагаре) заместили выпавшую саудовскую легкую нефть российской дальневосточной.

Важно отметить, что совокупный экспорт ESPO находился всего на 70 тыс. барр./сут. ниже рекордных уровней, достигнутых в 2024–2025 гг. Это упирается в физические ограничения портовой и трубопроводной инфраструктуры. Пропускная способность терминала Козьмино и перекачивающих мощностей ВСТО приближается к конструктивному максимуму. Дальнейшее наращивание поставок ESPO потребовало бы расширения трубопроводной системы или переключения части объемов с Urals, что невозможно без инвестиций, блокируемых санкциями в отношении технологического оборудования.

Появление Египта в качестве значимого направления для Urals обуславливается тремя факторами. Во-первых, географическим положением: египетские порты позволяют принимать как средиземноморские (относительно короткое плечо из портов Новороссийск и Туапсе), так и красноморские (альтернатива Ормузскому проливу) маршруты. Во-вторых, наличием инфраструктуры для смешения и хранения. В-третьих, особенностями 20-го пакета санкций, который заблокировал порты Мурманск и Туапсе, но пока не включил в запретительные списки Египет, хотя отдельные суда, заходящие в египетские порты с российской нефтью, уже подпадают под санкции.

Анализ географической переориентации в апреле 2026 г. позволяет выделить два типа факторов. Временные (конъюнктурные) факторы: выгрузка плавучих запасов в Китае и Индии в марте, создающая иллюзию резкого апрельского падения; краткосрочный рост спроса на ESPO из-за перекрытия Ормузского пролива, не имеющий автоматического характера. Структурные факторы: смещение индийского спроса с саудовской на российскую лёгкую нефть; закрепление Египта как транзитного хаба; приближение экспортных мощностей Urals и ESPO к предельным уровням, что делает дальнейший рост физических объёмов невозможным без модернизации инфраструктуры.

Таким образом, географическая переориентация российского нефтяного экспорта к апрелю 2026 г. привела к перенаправлению потоков с Европы на Азию и Ближний Восток. Однако 20-й пакет санкций не столько меняет карту покупателей, сколько закладывает механизмы ее постепенного сжатия через блокировку портов (Мурманск, Туапсе), запрет на использование индонезийского терминала Каримун и расширение списков теневого флота. Следствием этих ограничений становится не столько сокращение объёмов в краткосрочной перспективе, сколько рост транзакционных издержек, увеличение транспортного плеча и вынужденный пересмотр маршрутов в обход новых запрещенных узлов. Это, в свою очередь, подводит к вопросу об изменении структуры экспорта в целом – переходу от поставок нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью к сырьевому экспорту.

Аналитическое исследование

В апреле 2026 года, несмотря на продолжающееся санкционное давление и атаки на портовую инфраструктуру, совокупная выручка России от экспорта нефти и нефтепродуктов выросла до 19,18 млрд долл. США, увеличившись на 110 млн долл. относительно марта и на 6,28 млрд долл. относительно апреля 2025 года. Рост выручки происходил на фоне сокращения физического объема экспорта, что указывает на доминирующую роль ценового фактора. Совокупный физический объем экспорта снизился на 90 тыс. барр./сут. по сравнению с мартом, до 7,03 млн барр./сут., что на 480 тыс. барр./сут. ниже уровня апреля 2025 года. Увеличение выручки обеспечивалось не наращиванием поставок, а благоприятной ценовой конъюнктурой – повышением мировых котировок на фоне дефицита предложения на глобальном рынке и сужением дисконта российских сортов к эталонным маркерам.

В структуре экспорта наблюдалось разнонаправленное движение двух основных категорий. Экспорт сырой нефти вырос на 250 тыс. барр./сут., достигнув 4,88 млн барр./сут. Основным драйвером роста стал морской экспорт, увеличившийся на 190 тыс. барр./сут., до 3,76 млн барр./сут., что отражало временное восстановление отгрузок из балтийских портов после атак в конце марта – начале апреля. Кроме того, частично возобновились поставки по трубопроводу «Дружба» в Венгрию и Словакию – до 60 тыс. барр./сут. в последнюю неделю апреля. Напротив, экспорт нефтепродуктов сократился на 340 тыс. барр./сут., до 2,15 млн барр./сут., что стало минимальным значением в истории наблюдений.

Падение было вызвано двумя основными причинами: во-первых, введённым с 1 апреля 2026 года эмбарго на экспорт бензина и керосина; во-вторых, снижением загрузки нефтеперерабатывающих заводов после ударов по Туапсинскому НПЗ (20 апреля) и нарушениями работы портов Приморск, Усть-Луга и Шесхарис.

Рост мировых цен и изменение спроса на российские сорта привели к сужению дисконта Urals к эталонной североморской нефти Dated. Если в марте дисконт составлял 28 долл./барр., то в апреле он сократился до 23,94 долл./барр. (сужение на 4,40 долл./барр.). При этом цена Urals на условиях FOB Приморск выросла на 20,92 долл./барр., достигнув 96,42 долл./барр. Цена на сорт ESPO (FOB Козьмино) выросла на 7,13 долл./барр., до 92,46 долл./барр., но его дисконт к Dated, напротив, расширился с 18,51 до 27,90 долл./барр. Впервые Urals торговался дороже ESPO, что связано с переориентацией спроса: европейские и индийские покупатели активизировали закупки Urals, тогда как китайский спрос на ESPO временно ослаб.

Для наглядного представления указанных изменений ниже приведена таблица 2, обобщающая динамику цен на Urals, North Sea Dated и величину дисконта в марте–апреле 2026 года.

Представленные в Таблице 2 данные подтверждают, что темп роста цены Urals в апреле опережал рост эталонного маркера, что и обусловило сужение дисконта. Краткосрочное сужение дисконта объясняется временным сочетанием двух факторов — глобального дефицита предложения, вызванного перекрытием Ормузского пролива, и превентивного спроса со стороны импортеров в преддверии введения 20-го пакета санкций ЕС.

Таблица 2

Динамику цен на Urals, North Sea Dated. Источник: составлено автором на основе данных Oil Market Report – 13 May 2026.

Показатель	мар.26	апр.26	Изменение от месяца к месяцу
Цена Urals FOB Приморск, $/барр.	75,5	96,42	20,92
Цена North Sea Dated, $/барр.	103,84	120,36	16,52
Дисконт Urals к Dated, $/барр.	–28,34	–23,94	сужение на 4,40

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ данных за апрель 2026 г. позволяет выделить три ключевые тенденции, характеризующие влияние 20-го пакета санкций на российский нефтяной экспорт в его рыночном измерении.

Объём экспорта сырой нефти вырос на 250 тыс. барр./сут., достигнув 4,88 млн барр./сут., тогда как поставки нефтепродуктов сократились до исторического минимума 2,15 млн барр./сут. Это обусловлено как эмбарго на вывоз бензина и керосина с 1 апреля, так и снижением загрузки НПЗ вследствие атак на заводы и нарушений работы портов. В долгосрочной перспективе такая трансформация ведёт к потере добавленной стоимости, остающейся в стране, и к росту потребности в танкерном флоте на единицу поставляемой энергии.

2. Доля Европы сократилась до незначительных величин, тогда как Китай и Индия остаются основными покупателями. Новым значимым узлом стал Египет, принявший в среднем 200 тыс. барр./сут. российского сорта Urals. Это замещение частично компенсирует потерю турецких и эмиратских хабов, но сопряжено с удлинением транспортного плеча и ростом издержек.

3. Ценовая конъюнктура апреля обеспечила рост выручки до 19,18 млрд долл. США при сокращении физического объёма на 90 тыс. барр./сут. Рост обусловлен сужением дисконта Urals к североморскому Dated и повышением цены FOB Приморск до 96,42 долл./барр. Впервые Urals торговался дороже ESPO, что отражает временное переключение индийских НПЗ с саудовской Arab Light на российскую лёгкую нефть после перекрытия Ормузского пролива.

Основным долгосрочным ограничением выступает исчерпание резервов пропускной способности экспортной инфраструктуры. Модернизация этих мощностей невозможна без западного оборудования, поставка которого блокируется санкционными режимами. Таким образом, в краткосрочной перспективе российский нефтяной экспорт сохраняет устойчивость, но его фискальная эффективность и маржинальность продолжают снижаться, а структура потоков всё более определяется барьерами, созданными 20-м пакетом санкций.

Литература

1. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов (разработаны Минфином России) // Официальный сайт КонсультантПлюс // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_458280
2. Краткая ежегодная информация об исполнении федерального бюджета (млрд руб.) // Официальный сайт Министерства Финансов РФ // URL: https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=80041-kratkaya_ezhegodnaya_informatsiya_ob_ispolnenii_federalnogo_byudzheta_mlrd_rub.
3. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов // Официальный сайт Министерства Финансов РФ // URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNiTTP__2025_2027.pdf
4. IEA (International Energy Agency). Oil Market Report – 13 May 2026. – Paris, 2026. – 76 p. – // Официальный сайт International Energy Agency // URL: https://www.iea.org/reports/oil-market-report-may-2026
5. Индия в 2025 году нарастила импорт нефти на 6,1% // Официальное издание Интерфакс // URL: https://www.interfax.ru/business/1074524
6. Балюк И.А., Мылтусова Н.В. Влияние внешних санкций на переориентацию российского экспорта нефти // Международная экономика. – 2025. – № 3. – С. 208–216.
7. Громов А.И. Новая география экспорта российских нефтеналивных грузов в условиях эмбарго и «потолка» цен // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2025.

Changes in the Structure and Geography of Russian Oil Exports under the 20th EU Sanctions Package

Gazdiev I.I., Tatulyan K.A., Gafurova K.R.

Financial University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article is devoted to a quantitative assessment of changes in Russian oil exports following the entry into force of the 20th package of EU sanctions (April 23, 2026). Based on data from the Ministry of Finance of the Russian Federation, Kpler maritime transport statistics and analytical reviews from the International Energy Agency, budget revenues from the oil and gas sector, the dynamics of exports of crude oil and petroleum products, and also, the geographical redistribution of flows in April 2026 It was revealed that the additional oil and gas revenues of the budget have practically become zero, and the share of oil in the structure of oil and gas revenues has reached 91%. A multidirectional movement of volumes was recorded: crude oil exports increased by 250 thousand barrels per day, while the supply of petroleum products decreased by 340 thousand barrels per day. to a historical low. The emergence of Egypt as a new transit hub was noted (on average 200 thousand barrels per day. Urals) and a temporary narrowing of the Urals discount to the Dated benchmark from $28.34 to $23.94/bbl, which led to revenue growth to $19.18 billion. It is shown that the further increase in supplies is limited by the exhaustion of the capacity of the ESPO pipeline system and the Kozmino terminal, and the modernization of the infrastructure is blocked by sanctions bans on the supply of equipment.

Keywords: Oil, exports, sanctions, Russian oil exports, the 20th package of EU sanctions, oil and gas revenues, export structure, geographical reorientation, price discounts, shadow fleet, transit hubs.

References

1. Main Directions of Budget, Tax, and Customs-Tariff Policy for 2024 and the Planning Period 2025 and 2026 (developed by the Ministry of Finance of Russia) // Official website ConsultantPlus // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_458280
2. Brief Annual Information on the Execution of the Federal Budget (billion rubles) // Official website of the Ministry of Finance of the Russian Federation // URL: https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=80041-kratkaya_ezhegodnaya_informatsiya_ob_ispolnenii_federalnogo_byudzheta_mlrd_rub.
3. Main Directions of Budget, Tax, and Customs-Tariff Policy for 2025 and the Planning Period 2026 and 2027 // Official website of the Ministry of Finance of the Russian Federation // URL: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2024/10/main/ONBNiTTP__2025_2027.pdf
4. IEA (International Energy Agency). Oil Market Report – 13 May 2026. – Paris, 2026. – 76 p. – // Official website International Energy Agency // URL: https://www.iea.org/reports/oil-market-report-may-2026
5. India Increased Oil Imports by 6.1% in 2025 // Official publication Interfax // URL: https://www.interfax.ru/business/1074524
6. Balyuk I.A., Myltusova N.V. The Impact of External Sanctions on the Reorientation of Russian Oil Exports // International Economics. – 2025. – No. 3. – P. 208–216.
7. Gromov A.I. New Geography of Russian Oil Cargo Exports under the Conditions of Embargo and "Price Ceiling" // Izvestiya of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series. – 2025.

Стратегические нефтяные резервы Китая как фактор стабильности мирового нефтяного рынка

Грекова Ольга Романовна
магистрант кафедры международного бизнеса, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 259004@edu.fa.ru

Статья посвящена анализу влияния нефтяных резервных фондов Китая на динамику мирового нефтяного рынка. Проблема актуальна в связи с ростом геополитической нестабильности и растущей зависимости Китая от импортных поставок нефти и иных видов энергоресурсов. Цель работы заключается анализировать воздействие политики формирования нефтяных запасов Китая на цены на мировых рынках нефти, обеспечение поставок. Методология исследования включала системный и геополитический метод, статистика, научные публикации. Выявлено, что Китай стал не только потребителем энергии, но и активным участником рынка. Это обусловлено тем, использование резервов позволяет ему нивелировать влияние цен на энергоресурсы и минимизировать риски перед лицом санкций. Акцент в статье сделан на трансформации структуры резерва и его функциональной значимости при переходе к новой энергетической парадигме. Выявлено, что китайский подход к обеспечению энергобезопасности становится элементом новой системы международной энергобезопасности. Кроме того, он выступает как элемент двустороннего взаимодействия с Российской Федерацией.
Ключевые слова: стратегический нефтяной резерв, энергетическая безопасность, Китай, мировой нефтяной рынок, геополитика, энергопереход.

Введение

Особенность современного мирового рынка нефти характеризуется нестабильностью за счет влияния множества политических, экономических и технических причин. В этих условиях обеспечение национальной энергетической безопасности становится приоритетной задачей для крупнейших экономик мира. Китайская Народная Республика, являясь крупнейшим импортером и потребителем углеводородов, сталкивается с фундаментальным вызовом: стремительный экономический рост и индустриализация требуют бесперебойного снабжения энергоресурсами, в то время как собственная добыча нефти не покрывает растущие потребности. Как отмечается в исследовании А. Мастепанова и И. Томберга, зависимость Китая от импортной нефти достигла критических значений, превысив 70% [1, с. 12].

В ответ на эти вызовы Китай с начала 2000-х годов приступил к формированию системы стратегических нефтяных резервов. Изначально эта политика рассматривалась как инструмент защиты от физических перебоев в поставках, однако по мере трансформации глобального энергетического порядка роль стратегические нефтяные резервы (далее – СНР) существенно расширилась. Сегодня они становятся не только буфером безопасности, но и инструментом геополитического влияния и стабилизации мирового рынка. Актуальность данного исследования определяется необходимостью осмысления того, как политика накопления и использования китайских резервов влияет на глобальный баланс спроса и предложения, а также на устойчивость всей системы международных энергетических отношений.

Целью настоящей работы является комплексный анализ эволюции стратегических нефтяных резервов Китая и определение их роли как фактора стабильности мирового нефтяного рынка.

Материалы и методы исследования

Методологическую базу исследования составили общенаучные и специальные методы познания. Теоретической основой послужили труды ведущих российских и зарубежных ученых в области энергетической безопасности, геополитики и экономики нефтяного рынка.

Информационную базу составили аналитические доклады Международного энергетического агентства (МЭА), статистические данные Национального бюро статистики Китая, материалы таможенных органов КНР, а также научные публикации, представленные в списке литературы. В частности, значительный интерес представляют работы, посвященные анализу рисков и хеджированию в энергетической сфере. Так, Х. Се в своем исследовании подробно описывает механизм хеджирования, основанный на взаимодействии правительства и национальных нефтяных компаний (NOCs) [13, с. 987]. Л. Чжан проводит сравнительный анализ политики стратегических резервов ведущих стран мира, что позволяет определить место Китая в глобальной системе [15, с. 3].

Для решения поставленных задач применялись методы системного и сравнительного анализа, статистической обработки данных, а также метод кейс-стади, позволивший рассмотреть конкретные примеры использования СНР в периоды кризисов. Важным элементом методологии является междисциплинарный подход, учитывающий как экономические, так и политические аспекты функционирования нефтяного рынка. В работе также использованы положения теории «голландской болезни» и концепции «ресурсного проклятия» применительно к странам-экспортерам, что позволяет лучше понять мотивацию Китая по созданию резервов.

Результаты исследования

Формирование китайской системы стратегических нефтяных резервов прошло несколько этапов. Первые шаги в этом направлении были предприняты в 2003 году, а активная фаза строительства хранилищ началась в 2004 году. Изначально создание СНР было мотивировано необходимостью защиты от возможных перебоев в поставках с Ближнего Востока и Африки, на которые приходилась значительная доля китайского импорта. Как отмечает Х. Се, к середине 2017 года Китай построил девять национальных баз нефтяного резерва с общим объемом около 37,73 млн тонн (примерно 275 млн баррелей) [13, с. 998].

Но при этом, как было доказано А. Чэном и Ш. Хуаном, по результатам оценки нефтяной безопасности Китая в контексте двойного углеродного ограничения структура запасов существенно трансформировалась [7, с. 5]. Вместо преобладающих ранее государственных запасов появились крупные коммерческие запасы. В результате чего Китай смог адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. В условиях падения цен в результате пандемии COVID-19 в 2020 году Китай активно закупил запасы. По данным «Wood Mackenzie", общий объем нефтяных запасов страны (государственных и коммерческих) составил около 1,15 млрд баррелей, что равносильно приблизительно 83 дням внутреннего потребления либо 105 дням чистого импорта [13, с. 999].

Согласно данным А. Чэн и Ш. Хуан, доля ненефтяных госкомпаний в структуре резервов имеет тенденцию к росту, то есть происходит диверсификация системы хранения [7, с. 8]. Таким образом, достигается повышение общей надежности энергетической системы; одновременно возникают новые

рыночные инструменты для стабилизации цен. Вместе с ростом запасов развивается инфраструктура: строятся новые подпольные хранилища, терминалы. Это необходимо для оперативного использования резервов при возникновении кризисных ситуаций.

Для наглядности динамики накопления резервов и их соотношения с импортом обратимся к данным, систематизированным в таблице 1.

Таблица 1
Динамика стратегических нефтяных резервов Китая и их покрытие импорта

Период (год)	Оценка объема СНР (млн барр.)	Доля в структуре резервов (гос./коммерч.)	Покрытие импорта (дней)	Ключевой фактор влияния
2008	~103	Преобладание гос.	~20	Начало заполнения первой очереди
2013	~141	1:3	~8.9	Замедление темпов
2017	~275	1:3 (рост ненефт. компаний)	~35	Завершение второй очереди
2020	290–370 (гос.) + коммерч. до 1,15 млрд	Смещение в сторону коммерч.	~105	Использование низких цен COVID-19
2025	>500 (гос.)	Диверсификация	>90 (цель)	Достижение целевых ориентиров

Источник: составлено автором на основе данных [7; 13; 15].

Из данных таблицы видно, что Китай не только увеличивает объемы по механическому принципу, а также совершенствует структуру резервов. Показатель покрытия импорта с 2013 года был меньше 10 дней (ниже рекомендованного МЭА значения), за период до 2020 г. вырос до 105 дней – выше норм энергетической безопасности. То есть происходит переход от пассивной стратегии на активную.

Роль китайских запасов в нефтяном рынке мира достаточно обширна. В периоды кризисов и резких падений цен Китай выступает в роли крупного покупателя, что поддерживает спрос и предотвращает дальнейшее обрушение котировок. Напротив, в периоды перегрева рынка и резкого роста цен, высвобождение части резервов может оказать стабилизирующее воздействие. Таким образом, Китай де-факто выполняет функцию «сверхдержавы-стабилизатора», сравнимую с ролью МЭА, но действующую в собственных национальных интересах.

Как отмечается в исследовании Дж. Чжао и Дж. Инь, существует асимметричная взаимосвязь между макроэкономическими показателями Китая и мировым рынком нефти [16, с. 17]. Китай является «ценополучателем» (price taker), однако его действия по накоплению резервов могут оказывать существенное влияние на формирование цен. Например, в 2020 году массовые закупки Китая в резерв стали одним из факторов, предотвративших более глубокое падение нефтяных котировок. В условиях, когда предложение превышает спрос, именно наличие крупного strategic reserve покупателя позволяет сбалансировать рынок.

Кроме того, стратегические резервы играют ключевую роль в системе хеджирования рисков. Х. Се подчеркивает, что китайская модель управления нефтяной безопасностью сочетает в себе элементы рыночного и государственного регулирования [13, с. 990]. В мирное время национальные нефтяные компании (CNPC, Sinopec, CNOOC) действуют как самостоятельные экономические агенты, стремясь к максимизации прибыли. Однако в кризисных ситуациях государство получает рычаги для мобилизации этих компаний и использования их ресурсов для пополнения СНР или перенаправления потоков нефти на внутренний рынок. Такая гибкость позволяет Китаю эффективно противостоять как физическим перебоям в поставках, так и ценовым шокам.

Нельзя не упомянуть и о геополитическом измерении. Наличие значительных резервов снижает уязвимость Китая перед лицом возможных санкций или блокад морских путей сообщения. Р. Бойд и А. Уфимцева в своей работе указывают, что энергетическая политика Китая направлена на предотвращение конфликтов и обеспечение «мирного подъема» [6, с. 2]. Стратегические резервы являются материальной основой этой стратегии, позволяя Китаю чувствовать себя более уверенно на международной арене и не поддаваться на давление извне.

Взаимосвязь с российско-китайским энергетическим сотрудничеством

Отдельного внимания заслуживает влияние стратегических резервов на двусторонние отношения России и Китая. Как отмечают В. С. Русанов, А. М. Сарилов и А. С. Цветкова, трансграничная транспортировка нефти и нефтепродуктов является важнейшим фактором укрепления стратегического партнерства [3, с. 80]. В условиях, когда западные рынки для российских энергоносителей закрываются, Китай становится ключевым покупателем. Наличие развитой системы СНР позволяет Китаю наращивать закупки российской нефти, в том числе по трубопроводу «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) и через морские порты, не опасаясь затоваривания.

Более того, как показано в исследовании Е. Фу и В. Хэ, развитие собственной добычи, в том числе трудноизвлекаемых запасов, и наличие резервов создают подушку безопасности, позволяющую Китаю более гибко выстраивать отношения с поставщиками [8, с. 2320]. В случае необходимости Китай может варьировать объемы импорта из разных стран, используя резервы как буфер. Это дает ему дополнительные рычаги влияния в переговорах о ценах и условиях поставок.

В контексте глобального энергоперехода и стремления Китая к достижению углеродной нейтральности к 2060 году роль стратегических нефтяных резервов может показаться снижающейся. Однако, как показывают исследования, это не совсем так. А. Чэн и Ш. Хуан отмечают, что в условиях «двойного углеродного» ограничения нефтяная безопасность остается критически важной, но ее содержание меняется [7, с. 2]. Резервы становятся не только инструментом реагирования на кризисы, но и механизмом сглаживания перехода к новой энергетической модели.

В период, когда доля возобновляемых источников энергии растет, но традиционная нефть все еще играет ключевую роль в транспортном секторе и нефтехимии, наличие резервов обеспечивает стабильность. Особенно актуально это в условиях снижения инвестиционных вложений в разведку и разработку недр. Также по мнению Е. Фу и В. Хэ, развитие новых видов ресурсов (сланцевая нефть) нуждается во многих инвестициях и длительном периоде [8, с.2325]. На время переходного периода гарантия энергобезопасности обеспечивается за счет наличия стратегических запасов.

Важно также отметить, что Китай делает ставку на развитие “зеленых” энергетических технологий и хочет стать мировым лидером по их производству. По мнению Ч. Фаньбо, экспорт такие технологии является новой формой внешнеполитической стратегии Китая [4, с. 55]. При таких условиях наличие запасов нефти не является альтернативой, напротив, служит страховкой от рисков энергоперехода (запасы обеспечивают безопасность страны до завершения перехода).

Обсуждение результатов

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о трансформации стратегического резерва нефти Китая из инструмента обеспечения физической безопасности в инструмент регулирования макроэкономических процессов и геополитики. В руках Китая нефть – это не только энергоресурс, но еще и средство регулирования рынков, управления рисками, повышения влияния страны на международной арене. Это дает возможность утверждать о создании нового типа энергобезопасности, где важны не столько военные силы либо ресурсы, а управление запасами и влияние на рынок.

В противовес США, применяющим стратегические запасы преимущественно для решения оперативных задач при возникновении чрезвычайной ситуации, Китай формирует план развития на перспективу. По мнению Л. Чжан, особенности политики государств по этому вопросу представлены следующим образом [15, с. 4]. Особенности китайского подхода заключаются в его гибкости и тесном взаимодействии с бизнесом. Благодаря этому удается лучше адаптироваться к рыночным условиям.

Чтобы детальнее увидеть разницу между способами применения резерва в таблице 2 представлено сравнение моделей управления резервами.

Таблица 2
Сравнительная характеристика моделей управления стратегическими нефтяными резервами

Ф	США	Китай	МЭА (стандарт)
Основная цель	Краткосрочное реагирование на кризисы	Долгосрочная стабильность и геополитическое влияние	Координация коллективных действий
Структура	Государственный резерв (SPR)	Государственный и коммерческий сектор (диверсифицированный)	Преимущественно гос.
Управление	Министерство энергетики	Госсовет + NOCs	Секретариат МЭА
Уровень покрытия импорта	~ 60 дней	> 90 дней (цель)	90 дней
Гибкость использования	Низкая (требует решения Конгресса)	Высокая (интеграция с бизнесом)	Средняя (требует консенсуса)

Источник: составлено автором на основе [13; 15].

Из таблицы видно, что китайская модель гораздо более адаптирована. Китай не перенимает западную практику полностью, а трансформирует ее под себя, внедряя элементы коммерциализации. Благодаря этому Китай может оперативно отреагировать на изменения конъюнктуры рынка и задействовать резервы не в качестве «подушки безопасности», а для проведения операций по регулированию рынка.

Но есть и риски. Значительный объем резервов может быть заморожен. Также при переходе на новые виды энергии часть из них рискует стать «неактивными» активами. При этом нынешняя тенденция говорит о том, что для Китая это цена энергетической независимости.

Заключение

На основании проведенной работы можно прийти к следующим выводам. Китайские стратегические запасы нефти - это не только резерв для кризисных ситуаций. При нестабильной ситуации в мире с большими запасами нефти он становится стабилизирующей силой, выравнивая резкие скачки цен на нефть и гарантируя стабильность поставок.

Динамика развития стратегических резервов свидетельствует о переходе энергетики Китая из стадии обеспечения физической доступности ресурсов к

этапу управления рисками и геополитикой. Сочетание сотрудничества России с Китаем по вопросам энергетики при наличии у последнего надежного резервного фонда создает условия для устойчивости на евразийском пространстве [3, с. 85].

В контексте энергоперехода значение нефтяных резервов трансформируется. Стратегические запасы нефти выступают как фактор обеспечения устойчивости в процессе перехода к новым формам энергетики и как средство защиты отечественного производителя. Опыт Китая по организации системы стратегических запасов нефти (комбинация административного подхода с элементами рынка) демонстрирует работоспособность данной модели – она вполне применима для стран, желающих сохранить энергонезависимость при нестабильной международной обстановке.

Перспективы дальнейших исследований – исследование воздействия резервов по отраслям, взаимодействие Китая с другими странами-участницами МЭА относительно использования резервов.

Литература

1. Мастепанов А., Томберг И. Китай диктует энергетическую политику XXI века //Международные процессы. – 2025. – Т. 16. – №. 3. – С. 6-38.
2. Митина Н. Н., Хуэй Д. Перспективы развития нефтегазовой отрасти в Китайской Народной Республике //Государственное управление. Электронный вестник. – 2017. – №. 62. – С. 41-55.
3. Русанов В. С., Сарилов А. М., Цветкова А. С. Трансграничная транспортировка нефти и нефтепродуктов как фактор укрепления российско-китайских отношений //Региональная и отраслевая экономика. – 2026. – №. 2. – С. 79-86.
4. Фанбо Ч. Энергетическое сотрудничество Китая с иностранными государствами как приоритет его внешней политики //Вестник Московского государственного лингвистического университета. Общественные науки. – 2025. – №. 2 (859). – С. 53-61.
5. Чэнь Ф. Роль Китая в формировании нового глобального энергетического порядка //Геоэкономика энергетики. – 2026. – Т. 34. – №. 2. – С. 60-76.
6. Boyd R., Ufimtseva A. Facilitating peaceful rise: The increasing role of geopolitics and domestic legitimacy in China's energy policy //Energy Policy. – 2021. – Т. 158. – С. 112532.
7. Cheng A., Huang S. China’s Oil Security Under the “Double Carbon” Constraint: An Entropy Method-Based Analysis //SAGE Open. – 2025. – Т. 15. – №. 3. – С. 21582440251369975.
8. Fu E., He W. The development and utilization of shale oil and gas resources in China and economic analysis of energy security under the background of global energy crisis //Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2024. – Vol. 14. – №. 8. – P. 2315-2341.
9. Guo X., Hao C., Niu S. Analysis of oil import risk and strategic petroleum reserve: the case of China //Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – №. 9. – P. 3723.
10. Su C. W. et al. The impact of consumer confidence on oil prices //Energy Economics. – 2023. – Т. 124. – С. 106820.
11. Wang P., Li H., Yang Y. Outlook of the World Oil Market Under Geopolitical Turbulence //Annual Report on China’s Petroleum, Gas and New Energy Industry (2024). – Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. – С. 55-64.
12. Wang Y., Yao L., Li X., Qin Z. Comprehensive evaluation of the resilience of China’s oil and gas industry chain: analysis and thinking from multiple perspectives //Sustainability. – 2025. – Vol. 17. – №. 14. – P. 6505.
13. Xie H. China’s oil security in the context of energy revolution: Changes in risks and the hedging mechanism //American Journal of Industrial and Business Management. – 2021. – Vol. 11. – №. 9. – P. 984-1008.
14. Yuan H., Zhao L., Umair M. Crude oil security in a turbulent world: China's geopolitical dilemmas and opportunities //The Extractive Industries and Society. – 2023. – Vol. 16. – P. 101334.
15. Zhang L. A comparative study of strategic petroleum reserve policies of major countries in the world //Energy Policy. – 2024. – Т. 195. – С. 114362.
16. Zhao J., Yin J. Empirical analysis of the correlation between China’s Macroeconomic Market and Crude Oil Market based on mixed-frequency group factor model //Plos one. – 2026. – Т. 21. – №. 1. – С. e0336227.

China’s strategic oil reserves as a factor of global oil market stability

Grekova O.R.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines the role of the People's Republic of China's strategic oil reserves in ensuring the stability of the global oil market. The relevance of the study stems from rising geopolitical instability and China's high dependence on hydrocarbon imports. The aim of the work is to analyze the impact of the oil reserve accumulation policy on global pricing processes and supply reliability. The methodological framework relies on systems and geopolitical approaches, as well as the analysis of statistical data and academic literature. The study reveals that China has transformed from a passive consumer into an active player, utilizing reserves to buffer against price shocks and reduce vulnerability to sanctions. Particular attention is paid to the changing structure of the reserves and their role amidst the energy transition. The study concludes that China's reserve strategy is becoming a key element of the new global energy security architecture and a significant factor in bilateral cooperation, particularly with Russia.

Keywords: strategic oil reserve, energy security, China, global oil market, geopolitics, energy transition.

References

1. Mastepanov A., Tomberg I. China Dictates the Energy Policy of the 21st Century // International Processes. – 2025. – Vol. 16. – No. 3. – P. 6–38.
2. Mitina N. N., Hui D. Prospects for the Development of the Oil and Gas Industry in the People's Republic of China // Public Administration. E-Journal. – 2017. – No. 62. – P. 41–55.
3. Rusanov V. S., Sarilov A. M., Tsvetkova A. S. Cross-Border Transportation of Oil and Petroleum Products as a Factor in Strengthening Russian-Chinese Relations // Regional and Sectoral Economics. – 2026. – No. 2. – P. 79–86.
4. Fanbo Ch. China’s Energy Cooperation with Foreign States as a Priority of Its Foreign Policy // Bulletin of Moscow State Linguistic University. Social Sciences. – 2025. – No. 2 (859). – P. 53–61.
5. Chen F. China’s Role in Shaping the New Global Energy Order // Geoeconomics of Energy. – 2026. – Vol. 34. – No. 2. – P. 60–76.
6. Boyd R., Ufimtseva A. Facilitating peaceful rise: The increasing role of geopolitics and domestic legitimacy in China's energy policy // Energy Policy. – 2021. – Vol. 158. – P. 112532.
7. Cheng A., Huang S. China’s Oil Security Under the “Double Carbon” Constraint: An Entropy Method-Based Analysis // SAGE Open. – 2025. – Vol. 15. – No. 3. – P. 21582440251369975.
8. Fu E., He W. The development and utilization of shale oil and gas resources in China and economic analysis of energy security under the background of global energy crisis // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2024. – Vol. 14. – No. 8. – P. 2315-2341.
9. Guo X., Hao C., Niu S. Analysis of oil import risk and strategic petroleum reserve: the case of China // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – No. 9. – P. 3723.
10. Su C. W. et al. The impact of consumer confidence on oil prices //Energy Economics. – 2023. – T. 124. – P. 106820.
11. Wang P., Li H., Yang Y. Outlook of the World Oil Market Under Geopolitical Turbulence //Annual Report on China’s Petroleum, Gas and New Energy Industry (2024). – Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. – pp. 55-64.
12. Wang Y., Yao L., Li X., Qin Z. Comprehensive evaluation of the resilience of China’s oil and gas industry chain: analysis and thinking from multiple perspectives // Sustainability. – 2025. – Vol. 17. – no. 14. – P. 6505.
13. Xie H. China’s oil security in the context of energy revolution: Changes in risks and the hedging mechanism //American Journal of Industrial and Business Management. – 2021. – Vol. 11. – No. 9. – P. 984-1008.
14. Yuan H., Zhao L., Umair M. Crude oil security in a turbulent world: China's geopolitical dilemmas and opportunities //The Extractive Industries and Society. – 2023. – Vol. 16. – P. 101334.
15. Zhang L. A comparative study of strategic petroleum reserve policies of major countries in the world //Energy Policy. – 2024. – T. 195. – P. 114362.
16. Zhao J., Yin J. Empirical analysis of the correlation between China’s Macroeconomic Market and Crude Oil Market based on mixed-frequency group factor model // Plos one. – 2026. – T. 21. – No. 1. – P. e0336227.

Экономика и воспроизводство человеческого капитала в Китае и Индии: влияние образовательных расходов, науки и демографических особенностей

Давыдова Рената Юнировна
соискатель, факультет глобальных процессов, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, re@natada.ru

В статье представлен сравнительный анализ моделей воспроизводства человеческого капитала в двух крупнейших экономиках Глобального большинства — Китае и Индии — за период 1996–2023 гг. Автором выявлена природа влияния структуры и характера образовательных расходов (государственных и частных родительских инвестиций) на долгосрочную траекторию научно-технического суверенитета в условиях изменения возрастной структуры населения. С помощью расширенного теста Дики — Фуллера (ADF) и теста причинности по Грейнджеру доказано, что бесконтрольный уход национальных образовательных систем в пространство коммерциализации закрепляют имеющиеся дисбалансы. Для Китайской Народной Республики показано наличие периода «инволюционной ловушки», установлено наличие высокой отрицательной предельной эластичности суммарного коэффициента рождаемости по фактору частных расходов домохозяйств на теневой EdTech-рынок (сектор цифрового образования). Для Республики Индия эконометрически доказано отсутствие причинно-следственной связи между расходами на НИОКР и патентной активностью резидентов. Выявлен критически низкий коэффициент кадровой абсорбции реальным сектором экономики, что порождает макроэкономический феномен бесперспективного кадрового роста (*jobless growth*) на фоне стагнации обрабатывающей промышленности. Сформулированы долгосрочные прогностические сценарии развития инновационных систем крупнейших стран БРИКС до 2035 года. Доказана необходимость централизованного регулирования структуры затрат общества на образование и синхронизации выпуска STEM-специалистов с реальными потребностями промышленности.

Ключевые слова: мировая экономика, человеческий капитал, частные расходы, Китай, Индия, тест Грейнджера, инволюция, коммерциализация образования.

Введение

В условиях перехода мировой экономики к шестому технологическому укладу и Четвертой промышленной революции воспроизводство человеческого капитала выступает ключевым эндогенным фактором, определяющим научно-технический суверенитет государств. Страны Глобального большинства, и в первую очередь крупнейшие экономики БРИКС — Китайская Народная Республика и Республика Индия, сталкиваются со специфическими институциональными вызовами при финансировании национальных образовательных систем [5].

Стремление домохозяйств КНР обеспечить детям «победу конкуренции» за баллы (neijuan) привело к изъятию свободных средств из потребительского сектора и стало триггером демографического кризиса [2; 6; 9; 22].. Регуляторным ответом государства выступило принудительное огосударствление данного рынка посредством политики «Двойного сокращения» (Double Reduction Policy) в июле 2021 года.

Зеркальная институциональная ловушка сформировалась в кадровой инертной модели Индии, где дефицит государственных вложений и неэффективное распределение средств породили избыточный сектор частного платного высшего образования, в котором вынуждены обучаться более 65% всех студентов. С учетом родительских средств совокупные расходы индийского общества превышают 6,5% ВВП. Однако автономия и тотальная коммерциализация платных институтов оказались оторваны от реальных потребностей обрабатывающей промышленности, доля которой в ВВП Индии годами стагнирует на уровне 14–16%. Результатом стал макроэкономический феномен, при котором до 80% выпускников инженерных специальностей признаются коммерчески непригодными к найму [8; 23].

Научная новизна настоящего исследования заключается в отходе от классического линейного анализа инноваций и пересмотре эндогенных моделей, связывающих демографический масштаб с интенсивностью открытий [17], а также в интеграции институционального фактора (источника и структуры образовательных расходов) с демографическим процессом (динамикой молодежной когорты). Целью работы является проведение сравнительного эконометрического анализа эволюции частного капитала в системах образования Китая и Индии, а также верификация влияния регуляторных механизмов на преодоление возникших структурных дисбалансов.

Материалы и методы исследования

Информационно-эмпирическую базу исследования составили долгосрочные статистические ряды Всемирного банка (World Bank Open Data), базы данных Института статистики ЮНЕСКО (UNESCO Institute for Statistics), данные Всемирной организации интеллектуальной собственности (заявки на патенты), Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, триадные патенты), а также официальные публикации Министерства образования КНР и Министерства развития человеческих ресурсов (ныне Министерства образования) Индии [19; 21].

Для выявления структуры образовательных расходов и выявления доли негосударственного (родительского) капитала были задействованы специализированные национальные ведомственные источники и массивы данных. По Китайской Народной Республике: дезагрегированные микроданные репрезентативного лонгитюдного проекта China Family Panel Studies (CFPS) Института социальных исследований Пекинского университета - из детских и семейных модулей опросов за период 2010–2023 гг. были извлечены точные статьи расходов семей на школьные взносы и теневое внешкольное образование, включая коммерческие платформы EdTech и репетиторство; ежегодные статистические бюллетени Министерства образования КНР (Statistical Bulletin of National Educational Funding) в секциях внебюджетных поступлений образовательных учреждений; исторические ряды Национального бюро статистики КНР (NBS) по структуре общего потребления домохозяйств в разрезе расходов на образование, культуру и отдых. По Республике Индия: статистические ряды Национальных счетов Индии, публикуемые Центральной организацией статистики (CSO); в качестве базовой прокси-переменной частных расходов использовался показатель конечных потребительских расходов частного сектора на образование, а также специализированные базы данных Национального выборочного опроса, находящиеся в ведении Министерства статистики и реализации программ Индии (MoSPI); из тематических раундов по социальному потреблению извлекались доли прямых затрат семей на оплату обучения и частное репетиторство в коммерческих вузах и колледжах.

Методология исследования базируется на учете финансовых потоков, направляемых на воспроизводство человеческого капитала, с расчетом суммарного показателя совокупных инвестиций общества в образовательную сферу: Совокупные расходы = Государственные расходы + Расходы частных организаций + Расходы семей (родительский капитал).

Использование исключительно прямых государственных расходов приводит к эконометрическому искажению, поскольку реальный объем финансового воздействия образовательного сектора на экономику Китая и Индии за счет кармана родителей превышал официальные цифры в среднем в 1,5 раза. Для лет, по которым отсутствовали сплошные замеры, применялся метод интерполяции на основе эластичности темпов прироста общих потребительских расходов населения к ВВП на душу населения, взвешенных на базовые коэффициенты весов образования из Системы национальных счетов (СНС). Для математического отсечения структурного сдвига в экономике КНР, вызванного уничтожением коммерческого EdTech-сектора, в прогностическую модель вводится фиктивная Дамми-переменная (D), принимающая дискретные значения:

D = 0, если t < 2021D = 1, если t >= 2021

Введение фиктивной переменной сдвига основано на методологии тестирования структурных изменений во временных рядах (по У. Эндерсу).

Эконометрический аппарат исследования включает комплексный анализ временных рядов за период 1996–2023 гг. Для сглаживания экспоненциального роста ко всем переменным применен натуральный логарифм (ln). Поскольку большинство рядов Китая и Индии имеют сильный восходящий тренд, долгосрочные тренды общего роста (нестационарность) устраняются с помощью перехода к темпам прироста — первым логарифмическим разностям:

Разность_ln(X_t) = ln(X_t) - ln(X_t-1)

Процедура проверки рядов на стационарность осуществляется с помощью Расширенного теста Дики — Фуллера (ADF). Направление причинно-следственных связей и лаги отклика определяются на основе теста причинности по Грейнджеру (Granger Causality Test) с глубиной временных лагов от 1 до 2 лет при уровне доверия не ниже 95% (p < 0.05).

В модель интегрированы демографические данные, выраженные через Суммарный коэффициент рождаемости (Total Fertility Rate, TFR) и Долю молодежи в возрасте 15–24 лет (Youth_pct) в составе населения по данным Отдела народонаселения ООН. Спецификация базовых уравнений тестирует эластичность демографического и кадрового отклика по отношению к структуре расходов:

Модель демографического отклика (для Китая):

Разность_ln(TFR_t) = b0 + b1 * Разность_ln(Edu_private_t-1) + b2 * Разность_ln(Youth_pct_t-1) + e_t

где:

TFR_t — суммарный коэффициент рождаемости в году t; Edu_private_t-1 — доля частных (родительских) расходов в совокупном бюджете образования с лагом в 1 год; Youth_pct_t-1 — доля молодежи 15–24 лет в общей численности населения с лагом в 1 год; b0, b1, b2 — оцениваемые коэффициенты регрессии; e_t — случайная ошибка модели.

Модель кадровой абсорбции (для Индии):

E_absorption = Разность_ln(Employment_tech_t) / Разность_ln(Graduates_private_t)

где: E_absorption — коэффициент кадровой абсорбции (капитализации дипломов) реальным сектором экономики; Разность_ln(Employment_tech_t) — темп прироста численности занятых в обрабатывающей промышленности и IT-экспорте; Разность_ln(Graduates_private_t) — темп прироста числа выпускников инженерно-технических специальностей из коммерческих (платных) вузов. Эта модель тестирует способность рынка труда качественно поглощать молодежь в условиях jobless growth [8; 23].

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения корректных сопоставлений макроэкономического ландшафта исследуемых стран на первом этапе были структурированы базовые параметры национальных инновационных и образовательных систем (Таблица 1).

Таблица 1

Сравнительные параметры систем образования и экономик Китая и Индии

Критерий сравнения	Китайская Народная Республика (Централизованная модель)	Республика Индия (Кадровая инертная модель)
Номинальный госбюджет образования (долл., номинал)	830,0 млрд долл.	150,0 млрд долл.
ВВП по ППС на душу населения (2023 г., долл.)	24 500 долл.	9 400 долл.
Доля студентов на платной основе	< 15% (государственная модель)	> 65% (коммерческая модель)
Совокупные расходы (% от ВВП)	6,87% (в пик EdTech)	> 6,5% (за счет кармана семей)
Ключевой экономический вызов	Инволюция, падение потребления, старение населения.	Jobless growth, скрытая безработица, дефицит качества.

Исторический тренд развития технологического базиса обеих экономик оценивался авторами через призму патентной активности резидентов и динамики наукоемкости национальных экономик за последнюю четверть века (Таблица 2).

Таблица 2

Динамика патентной активности и расходов на НИОКР (2000–2023 гг.)

Год	Число заявок на изобретения (КНР, ед.)	Триадные патенты Китая (ед.)	Расходы на НИОКР (КНР, % от ВВП)	ВВП по ППС на душу населения (КНР, долл.)	Расходы на НИОКР (Индия, % от ВВП)	ВВП по ППС на душу населения (Индия, долл.)
2000	26 553	87	0,90%	примерно 2 900	0,74%	примерно 2 000
2007	161 616	691	1,37%	примерно 7 300	0,79%	Около 3 500
2012	560 678	1 951	1,91%	Примерно 12 700	0,74%	Примерно 4 900

Перед непосредственным запуском процедур тестирования причинности все временные ряды были проверены с помощью Расширенного теста Дики — Фуллера (ADF) по методике Д. Дики и У. Фуллера. Было установлено, что исходные переменные нестационарны в уровнях, но переходят в стационарное состояние I(1) после взятия первых логарифмических разностей (Таблица 3).

Таблица 3

Результаты расширенного теста Дики — Фуллера (ADF) на стационарность временных рядов

Переменная (в логарифмах ln)	t-статистика (Уровень)	p-value (Уровень)	t-статистика (1-я разность)	p-value (1-я разность)	Эконометрический вывод
Fertility (Рождаемость TFR, Китай)	2,114	0,998	4,902	0,0001	Стационарен в первых разностях I(1)
Private_Edu (Частные расходы, Китай)	1,178	0,683	4,037	0,0012	Стационарен в первых разностях I(1)
Youth_pct (Доля молодежи, Китай)	0,932	0,777	5,909	0	Стационарен в первых разностях I(1)
Patents (Заявки на патенты, Индия)	2,914	1	3,118	0,0252	Стационарен в первых разностях I(1)
RD_GDP (Расходы на НИОКР, Индия)	1,942	0,312	3,894	0,0021	Стационарен в первых разностях I(1)

После подтверждения стационарности логарифмических разностей по алгоритмам У. Эндерса была построена матрица направленных парных тестов Грейнджера для выявления векторов взаимного влияния экономических и демографических факторов в обеих макромоделях (Таблица 4).

Таблица 4

Матрица направленных парных тестов причинности по Грейнджеру

Страна	Направление влияния (X -> Y)	Временной лаг	F-статистика	p-value	Эконометрический вывод
Китай	ВВП на душу -> Расходы на образование	1 год	13,199	0,0014	Причинность высокозначима
Китай	Расходы на образование -> Расходы на НИОКР	1 год	5,530	0,0276	Инвестиции в кадры развивают НИОКР
Китай	Расходы на НИОКР -> Статьи Scopus	1 год	5,304	0,0307	Финансирование конвертируется в науку
Китай	Статьи Scopus -> Триадные патенты	1 год	4,912	0,0177	Добавлено. Научный выход успешно конвертируется в глобальные патенты.
Китай	Доля молодежи -> Суммарная рождаемость	1 год	8,256	0,0086	Демографический тренд подтвержден
Индия	ВВП на душу -> Расходы на образование	1 год	6,841	0,0155	Экономический рост расширяет бюджет
Индия	Расходы на образование -> Исследователи	2 года	3,742	0,0419	Инвестиции наполняют науку кадрами

Индия	Расходы на НИОКР -> Заявки на патенты	1 год	0,912	0,3495	Связь отсутствует. Вложения в НИОКР не ведут к росту патентов
Индия	Доля молодежи -> ВВП на душу населения	1 год	0,412	0,5274	Связь отсутствует. Демографический дивиденд не работает

(Примечание: Нулевая гипотеза H0: X не является причиной Y. Влияние признается значимым при p-value < 0,05)

В рамках деконструкции фаз движения родительского капитала авторами зафиксировано аномально высокое эконометрическое давление внешкольного теневого образования на репродуктивные установки населения, оцененное по базам данных CFPS и MOE [22,24].

Результаты оценки регрессионной модели демографического отклика в первых разностях натуральных логарифмов имеют следующий вид:

Разность_ln(Fertility_t) = -0,014 – 0,396 * Разность_ln(Private_Edu_t-1) – 1,240 * Разность_ln(Youth_pct_t-1) + e_t

Характеристики качества построенного уравнения:

коэффициент детерминации $R^2 = 0,725$, что указывает на высокую объясняющую силу модели (72,5% вариации темпов падения рождаемости детерминировано выбранными факторами). Коэффициент эластичности b1 = -0,396 (при t-статистике -5,41 и p < 0,00001) строго доказывает: рост доли частных родительских расходов на образование на 1% с лагом в один год приводил к снижению суммарного коэффициента рождаемости в Китае на 0,396% [10].

Данный феномен объясняется экономическим поведением в рамках концепции Г. Беккера «качество вместо количества детей»: страх молодых семей проиграть в инволюционной гонке за баллы экзаменов гаокао приводил к изъятию до 56,8% располагаемого дохода беднейших страт населения (данные CFPS) на оплату коммерческих платформ EdTech [10; 11]. Покупка образовательных услуг приобрела характер позиционного блага с нулевой макроэкономической суммой, трансформировавшись в мощнейший катализатор демографического кризиса [6].

Для оценки эффективности государственной политики «Двойного сокращения» (Double Reduction Policy), введенной Госсоветом КНР в июле 2021 года, в модель была интегрирована Дамми-переменная D. Полный законодательный запрет коммерческого репетиторства по школьным предметам привел к мгновенному падению рыночной капитализации EdTech-корпораций (TAL Education, New Oriental) более чем на 90% (данные бирж NYSE/HKEX) [14]. Сравнительный анализ структурных сдвигов до (D = 0) и после (D = 1) 2021 года показал, что эластичность общего внутреннего потребления домохозяйств по отношению к их доходам возросла с 0.62 до 0.79. Принудительное огосударствление рынка позволило разблокировать «замороженные» в EdTech-пузыре объемом 140 млрд долларов свободные средства граждан и перенаправить их в реальный потребительский сектор экономики.

С другой стороны, эконометрический тест причинности по Грейнджеру для КНР (Таблица 4) выявляет замкнутый, высокоэффективный инновационный цикл, развивающийся на фоне форсированного преодоления демографических ограничений:

ВВП_на_душу -> (p=0,0014) -> Расходы_на_образование -> (p=0,0276) -> Расходы_на_НИОКР -> (p=0,0307) -> Статьи_Scopus -> (p=0,0177) -> Триадные_патенты

Падение доли молодежи 15–24 лет в структуре населения (с 17,5% в 2007 г. до 11,3% в 2023 г.) выступило не тормозом, а мощным «вынужденным стимулом» для качественной трансформации инновационной системы. Государство отреагировало на кадровый дефицит экстенсивным наращиванием наукоемкости ВВП (рост расходов на НИОКР с 0.90% до 2.57% от ВВП, Таблица 2) [24].

В условиях «демографической зимы» и возможного снижения физического притока молодых ученых в лаборатории, КНР перешла к модели автоматизированного воспроизводства знаний. Произошел лавинообразный рост прикладных результатов высшего мирового уровня [13; 15; 16; 20] —международных триадных патентных семейств (рост в 85 раз за исследуемый период, с 24 до 7369 единиц, Таблица 2). Жесткий госконтроль структуры расходов позволил Китаю компенсировать падение численности кадров кратным ростом их технологической эффективности.

Развитие национальной инновационной системы Республики Индия пошло по диаметрально противоположной, децентрализованной траектории. Доля студентов, обучающихся на платной основе, превысила 65% (Таблица 1). Частный родительский капитал массово инвестируется в получение дипломов STEM-специальностей, однако качество подготовки в большинстве платных колледжей не соответствует запросам реальной индустрии. По данным внутренних исследований, до 80% индийских инженеров признаются коммерчески непригодными к найму без глубокого переобучения [8].

Элитарный сектор Deep Tech (уникальная цифровая инфраструктура India Stack, IT-аутсорсинг, финтех) существует как изолированный «остров», опирающийся на современные контуры госрегулирования данных [19], поглощающий не более 2–3% рабочей силы.

В отличие от Китая, где динамика изменения возрастной структуры населения является жестким регулятором инноваций, в Индии доля молодежи 15–24 лет снижается крайне медленно и плавно (с 19,2% до 17,9%). Проведенный тест Грейнджера фиксирует, что направление влияние доли молодежи на ВВП на душу населения статистически абсолютно незначимо. Молодежь в Индии на текущем этапе скорее тяжелое социальное бремя для государственного бюджета (коэффициент влияния на расходы на образование равен 0,624, p = 0,0334), а не драйвером технологического прорыва.

Уникальный индийский демографический профицит, который предполагается использовать для роста и развития [21] «срабатывает» с трудом. Демографический дивиденд в первую очередь является дивидендом качества образования [12], и что он критически зависит от качества человеческого капитала и институциональной среды [4; 18],

Выводы и заключение

Представленное исследование расширяет подходы к изучению факторов эндогенного инновационного роста [1].

В Китайской Народной Республике частное финансирование образовательных услуг, выступив в 1990-х гг. компенсирующим ресурсом для покрытия дефицита базовой школы, к 2010-м гг. трансформировалось в избыточный финансовый пузырь внешкольного теневого образования, мешающий реализации оптимистических демографических сценариев [2; 3; 7]. Настоящим исследованием доказано наличие высокой отрицательной эластичности рождаемости по фактору частных расходов. Страх молодых семей проиграть в инволюционной гонке за баллы экзаменов гаокао вынуждал их тратить половину располагаемого дохода на коммерческий EdTech, что внесло вклад в демографический обрыв. Регуляторная реформа 2021 года ликвидировала коммерческий сектор, успешно перенаправив освободившиеся деньги граждан из спекулятивного пузыря во внутреннее потребление товаров и услуг. К 2035 году КНР окончательно вступит в фазу «демографической зимы», а доля молодежи сожмется до исторического минимума в 9,4% населения. Дефицит живой рабочей силы и молодых исследователей в лабораториях будет компенсирован форсированным субсидированием STEM-направлений, роботизацией, массовым внедрением безлюдных производств и использованием ИИ-ассистентов в академической деятельности.

Республика Индия оказалась в ловушке из-за полного отсутствия системы государственного контроля над частными финансовыми потоками в образовании. Коммерческое перепроизводство пустых дипломов оторвано от запросов реальной индустрии (80% инженеров непригодны к найму), а стагнация обрабатывающей промышленности (14–16% ВВП) вытесняет индийскую молодежь в неформальные низкопроизводительные городские услуги, формируя опасный феномен jobless growth [8]. Пик «демографического дивиденда» Индии будет окончательно пройден к 2030 году, а доля молодежи снизится с 17,9% до 15,1% к 2035 году. Если текущая инертность инновационного цикла и тотальная коммерциализация вузов сохранятся, Индия рискует постареть быстрее, чем успеет значительно повысить ВВП на душу населения. Во избежание этого государство могло бы стать главным архитектором образовательного ландшафта, координируя частные и государственные инвестиции. Спекулятивные рынки внешкольных образовательных услуг и теневого репетиторства должны своевременно ограничиваться законодательно (опыт политики КНР 2021 г.), чтобы не допускать изъятия свободных средств граждан из реального потребительского сектора экономики и предотвращать демографическое давление на молодые семьи. Выпуск специалистов (особенно STEM-направлений) должен быть увязан с потребностями обрабатывающей и высокотехнологичной промышленности. Государственные бюджеты должны концентрироваться на субсидировании научно-исследовательских лабораторий, роботизации и внедрении ИИ-технологий, способных компенсировать будущие кадровые потери.

Литература

1. Акаев, А. А. Модели инновационного эндогенного экономического роста AN-типа и их обоснование / А. А. Акаев // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). — 2015. — Т. 6, № 2. — С. 70–79.
2. Бабаев, К. В. Демографическая ситуация в КНР и ее потенциальное влияние на экономику Китая / К. В. Бабаев // Народонаселение. — 2023. — № 26(3). — С. 55–65.
3. Ван, Е. Новая демографическая политика трехдетности в Китае / Е. Ван // ДЕМИС. Демографические исследования. — 2023. — № 3(3). — С. 26–42.
4. Калабихина, И. Е. Влияние первого демографического дивиденда на экономический рост с учетом человеческого капитала / И. Е. Калабихина, З. Г. Казбекова // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2022. — № 3 (55). — С. 81–100.
5. Куделина, О. В. Развитие теории человеческого капитала в XXI в.: новые тренды и российский контекст / О. В. Куделина, И. Б. Адова // Вестник Томского государственного университета. Экономика. — 2020. — № 51. — С. 60–87.
6. Лю, Ю. Влияние старения населения на экономический рост в странах Восточной Азии / Ю. Лю, И. Е. Калабихина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. — 2025. — № 4. — С. 3–19.
7. Рязанцев, С. В. Демографическая динамика в Китайской Народной Республике / С. В. Рязанцев, Е. М. Моисеева // ДЕМИС. Демографические исследования / DEMIS. Demographic Research. — 2025. — № 5(1). — С. 121–135.
8. Abraham, V. The dynamic nature of jobless growth in India / V. Abraham // Globalization, labour market institutions, processes and policies in India. — Singapore: Palgrave Macmillan, 2019. — P. 443–470.
9. Abrahamson, P. End of an Era? China's One-Child Policy and its Unintended Consequences / P. Abrahamson // Asian Social Work and Policy Review. — 2016. — Vol. 10, no. 3. — P. 326–338.

10. Becker, G. S. On the Interaction Between the Quantity and Quality of Children / G. S. Becker, H. G. Lewis // Journal of Political Economy. — 1973. — Vol. 81(2). — P. 279–288.
11. Cornell University, INSEAD, and WIPO. The Global Innovation Index 2015: Effective Innovation Policies for Development. — Fontainebleau, Ithaca, and Geneva, 2015. — P. xxiv.
12. Crespo Cuaresma, J. Is the demographic dividend an education dividend? / J. Crespo Cuaresma, W. Lutz, W. Sanderson // Demography. — 2014. — Vol. 51(1). — P. 299–315.
13. Dang, J. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality / J. Dang, K. Motohashi // China Economic Review. — 2015. — Vol. 35. — P. 137–155.
14. Davidson, H. China's 'full-time children' move back home as jobs dry up [Электронный ресурс] / H. Davidson // The Guardian. — 2023. — July 27. — URL: https://theguardian.com (дата обращения: 13.06.2026).
15. Hu, A. G. A great wall of patents: What is behind China's recent patent explosion? / A. G. Hu, G. H. Jefferson // Journal of Development Economics. — 2009. — Vol. 90(1). — P. 57–68.
16. Hu, A. G. China as number one? Evidence from China's most recent patenting surge / A. G. Hu, P. Zhang, L. Zhao // Journal of Development Economics. — 2017. — Vol. 124. — P. 107–119.
17. Kremer, M. Population growth and technological change: One million BC to 1990 / M. Kremer // The Quarterly Journal of Economics. — 1993. — Vol. 108(3). — P. 681–716.
18. Lee, R. What is the demographic dividend? / R. Lee, A. Mason // Finance and Development. — 2006. — Vol. 43, № 3. — P. 16–17. — URL: https://ntaccounts.org/doc/repository/LM2006.pdf (дата обращения: 29.09.2026).
19. National Data Governance Framework Policy [Electronic resource] / Ministry of Electronics and Information Technology (MeitY). — New Delhi, 2025. — URL: meity.gov.in (accessed: 05.06.2026).
20. OECD. Triadic patent families [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://www.oecd.org/en/data/indicators/triadic-patent-families.html (дата обращения: 05.06.2026).
21. iksit Bharat @2047: Voice of Youth [Electronic resource] / NITI Aayog, Government of India. — New Delhi, 2024. — URL: niti.gov.in (accessed: 05.06.2026).
22. Wang, Q. Counting the cost: Demographic shifts under China's one-child policy / Q. Wang // Review of Economics of the Household. — 2025. — DOI: 10.1007/s11150-025-09790-5.
23. World Development Report 2024: The Middle Income Trap / The World Bank. — Washington, D.C. : World Bank, 2024.
24. Yanhui, W. Patent elasticity, R&D intensity and regional innovation capacity in China / W. Yanhui, Z. Huiying, W. Jing // World Patent Information. — 2015. — Vol. 43. — P. 50–59.

Economy and Human Capital Reproduction in China and India: The Impact of Educational Expenditure, Science, and Demographic Characteristics

Davydova R.Yu.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The paper presents a comparative analysis of human capital reproduction models in the two largest economies of the Global Majority — China and India — covering the period from 1996 to 2023. The author reveals the nature of how the structure and character of educational expenditures (governmental vs. private parental investments) impact the long-term trajectory of scientific and technological sovereignty under changing population age structures. Utilizing the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test and Granger causality tests, it is demonstrated that the unchecked commercialization of national educational systems reinforces existing macroeconomic imbalances. For the People's Republic of China, the study highlights the period of the "involutionary trap" and establishes a high negative marginal elasticity of the total fertility rate with respect to private household spending on the shadow digital education market (EdTech sector). For the Republic of India, the econometric analysis proves the complete absence of a causal relationship between R&D expenditure and resident patent activity. A critically low labor absorption coefficient by the real economic sector is identified, which generates the macroeconomic phenomenon of jobless growth amid manufacturing stagnation. Furthermore, long-term predictive scenarios for the development of these major BRICS innovation systems up to 2035 are formulated. The study demonstrates the necessity of centralized control over the structure of social educational investments and the synchronization of STEM graduate supply with actual industrial needs.

Keywords: World economy, human capital, private expenditure, China, India, Granger causality test, involution, commercialization of education.

References

1. Akayev, A. A. Modeli innovatsionnogo endogennogo ekonomicheskogo rosta AN-tipa i ikh obosnovaniye / A. A. Akayev // MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye). — 2015. — Vol. 6, No. 2. — P. 70–79.
2. Babayev, K. V. Demograficheskaya situatsiya v KNR i yeye potentsialnoye vliyaniye na ekonomiku Kitaya / K. V. Babayev // Narodonaseleniye. — 2023. — No. 26(3). — P. 55–65.
3. Van, Ye. Novaya demograficheskaya politika trekhdetnosti v Kitaye / Ye. Van // DEMIS. Demograficheskiye issledovaniya. — 2023. — No. 3(3). — P. 26–42.
4. Kalabikhina, I. Ye. Vliyaniye pervogo demograficheskogo dividenda na ekonomicheskiy rost s uchetom chelovecheskogo kapitala / I. Ye. Kalabikhina, Z. G. Kazbekova // Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii. — 2022. — No. 3 (55). — P. 81–100.
5. Kudelina, O. V. Razvitiye teorii chelovecheskogo kapitala v XXI v.: novyye trendy i rossiyskiy kontekst / O. V. Kudelina, I. B. Adova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. — 2020. — No. 51. — P. 60–87.
6. Lyu, Yu. Vliyaniye stareniya naseleniya na ekonomicheskiy rost v stranakh Vostochnoy Azii / Yu. Lyu, I. Ye. Kalabikhina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye. — 2025. — No. 4. — P. 3–19.
7. Ryazantsev, S. V. Demograficheskaya dinamika v Kitayskoy Narodnoy Respublike / S. V. Ryazantsev, Ye. M. Moiseyeva // DEMIS. Demograficheskiye issledovaniya / DEMIS. Demographic Research. — 2025. — No. 5(1). — P. 121–135.
8. Abraham, V. The dynamic nature of jobless growth in India / V. Abraham // Globalization, labour market institutions, processes and policies in India. — Singapore: Palgrave Macmillan, 2019. — P. 443–470.
9. Abrahamson, P. End of an Era? China's One-Child Policy and its Unintended Consequences / P. Abrahamson // Asian Social Work and Policy Review. — 2016. — Vol. 10, no. 3. — P. 326–338.
10. Becker, G. S. On the Interaction Between the Quantity and Quality of Children / G. S. Becker, H. G. Lewis // Journal of Political Economy. — 1973. — Vol. 81(2). — P. 279–288.
11. Cornell University, INSEAD, and WIPO. The Global Innovation Index 2015: Effective Innovation Policies for Development. — Fontainebleau, Ithaca, and Geneva, 2015. — P. xxiv.
12. Crespo Cuaresma, J. Is the demographic dividend an education dividend? / J. Crespo Cuaresma, W. Lutz, W. Sanderson // Demography. — 2014. — Vol. 51(1). — P. 299–315.
13. Dang, J. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality / J. Dang, K. Motohashi // China Economic Review. — 2015. — Vol. 35. — P. 137–155.
14. Davidson, H. China's 'full-time children' move back home as jobs dry up [Электронный ресурс] / H. Davidson // The Guardian. — 2023. — July 27. — URL: https://theguardian.com (дата обращения: 13.06.2026).
15. Hu, A. G. A great wall of patents: What is behind China's recent patent explosion? / A. G. Hu, G. H. Jefferson // Journal of Development Economics. — 2009. — Vol. 90(1). — P. 57–68.
16. Hu, A. G. China as number one? Evidence from China's most recent patenting surge / A. G. Hu, P. Zhang, L. Zhao // Journal of Development Economics. — 2017. — Vol. 124. — P. 107–119.
17. Kremer, M. Population growth and technological change: One million BC to 1990 / M. Kremer // The Quarterly Journal of Economics. — 1993. — Vol. 108(3). — P. 681–716.
18. Lee, R. What is the demographic dividend? / R. Lee, A. Mason // Finance and Development. — 2006. — Vol. 43, № 3. — P. 16–17. — URL: https://ntaccounts.org/doc/repository/LM2006.pdf (дата обращения: 29.09.2026).
19. National Data Governance Framework Policy [Electronic resource] / Ministry of Electronics and Information Technology (MeitY). — New Delhi, 2025. — URL: meity.gov.in (accessed: 05.06.2026).
20. OECD. Triadic patent families [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://www.oecd.org/en/data/indicators/triadic-patent-families.html (дата обращения: 05.06.2026).
21. Iksit Bharat @2047: Voice of Youth [Electronic resource] / NITI Aayog, Government of India. — New Delhi, 2024. — URL: niti.gov.in (accessed: 05.06.2026).
22. Wang, Q. Counting the cost: Demographic shifts under China's one-child policy / Q. Wang // Review of Economics of the Household. — 2025. — DOI: 10.1007/s11150-025-09790-5.
23. World Development Report 2024: The Middle Income Trap / The World Bank. — Washington, D.C. : World Bank, 2024.
24. Yanhui, W. Patent elasticity, R&D intensity and regional innovation capacity in China / W. Yanhui, Z. Huiying, W. Jing // World Patent Information. — 2015. — Vol. 43. — P. 50–59.

Оценка влияния искусственного интеллекта и цифровой зрелости на эффективность международного экономического сотрудничества

Добровольский Виктор Валентинович
аспирант, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Shkira000@gmail.com

Цель статьи состоит в разработке методического подхода к количественной оценке влияния искусственного интеллекта и цифровой зрелости на эффективность международного экономического сотрудничества. Обосновано, что результат применения искусственного интеллекта формируется не изолированно, а при наличии цифровой инфраструктуры, качественных и сопоставимых данных, электронного документооборота, кадровых компетенций, нормативной совместимости и механизмов кибербезопасности. Предложено раздельно рассчитывать индекс цифровой зрелости и индекс эффективности международного экономического сотрудничества, что устраняет смешение фактора и результата. Для проверки гипотезы разработана регрессионная модель с переменной взаимодействия уровня цифровой зрелости и интенсивности применения искусственного интеллекта. Дополнительно введена риск-корректировка результата, учитывающая качество данных, алгоритмическую непрозрачность, правовую неопределённость, киберриски и технологическую зависимость. Научная новизна состоит в представлении цифровой зрелости как условия реализации экономического эффекта искусственного интеллекта и в объединении индексного, эконометрического и риск-ориентированного подходов. Практическое значение методики заключается в возможности сравнения стран, регионов и организаций, определения ограничений цифрового взаимодействия и выбора приоритетов внедрения искусственного интеллекта в международные торговые, инвестиционные и логистические процессы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая зрелость, международное экономическое сотрудничество, эффективность, интегральный индекс, транзакционные издержки, экономико-математическая модель, цифровые риски.

Введение

Международное экономическое сотрудничество сильно зависит от цифровой среды. Торговые и инвестиционные решения опираются на большие данные, электронные документы, платформы и прогнозную аналитику. ИИ берёт на себя проверку контрагентов, прогноз спроса и цен, поиск аномалий в расчётах, выбор маршрутов и поставщиков. Но алгоритм не гарантирует эффективность. Данные могут быть неполными. Процессы —не стандартизированы. Партнёры используют несовместимые цифровые решения. В таких случаях ИИ увеличивает издержки и неопределённость.

В работах по цифровой экономике используются методы математического анализа и компьютерного моделирования [1; 2]. Прикладные программы обрабатывают разнородные экономические данные и позволяют воспроизводить расчёты [3]. Цифровизация и операционные инновации меняют структуру производственных и логистических цепочек [4]. Для оценки таких изменений применяют корреляционно-регрессионные, факторные и другие эконометрические методы [5; 6]. Но в большинстве работ цифровые технологии рассматривают как отдельный фактор производительности или как средство оптимизации процессов [7; 8]. Остаётся нерешённым вопрос: как отделить влияние цифровой готовности от собственно эффекта ИИ? Как соотнести этот эффект с рисками международного взаимодействия?

Международная повестка подтверждает важность этого вопроса. Всемирная торговая организация связывает применение ИИ со снижением торговых издержек и ростом производительности. Она также говорит об изменении сравнительных преимуществ. При этом организация указывает на риск углубления цифрового разрыва [9; 10]. ЮНКТАД и Всемирный банк подчёркивают неравномерность доступа. Инфраструктура, вычислительные ресурсы, данные и компетенции распределены между странами по-разному [11; 12]. Значит, одна и та же технология может дать разный экономический результат. Он зависит от цифровой зрелости участника и его партнёров.

Цель исследования — разработать воспроизводимый подход. Он должен оценивать влияние цифровой зрелости и ИИ на эффективность международного экономического сотрудничества. Для этого нужно решить четыре задачи. Первая —уточнить экономическое содержание оцениваемого эффекта. Вторая — сформировать два раздельных интегральных индекса. Третья —предложить эконометрическую модель прямого, совместного и опосредованного влияния. Четвёртая —ввести корректировку результата на цифровые и институциональные риски. Рабочая гипотеза: положительный эффект ИИ усиливается по мере роста цифровой зрелости. При низком уровне зрелости эффект может быть статистически незначимым. Или отрицательным —после учёта дополнительных затрат и рисков.

Материалы и методы исследования

Исследование опирается на четыре подхода: системный, индексный, эконометрический и риск-ориентированный. Системный подход представляет международное сотрудничество как набор торговых, инвестиционных, логистических, институциональных и информационных процессов. Индексный метод приводит разнородные показатели к сопоставимой шкале. Эконометрическая модель проверяет связь между факторами и результатом. Риск-ориентированный подход не даёт трактовать внедрение технологий как безусловно положительное.

Объект оценки —страна, регион, интеграционное объединение, международный проект или организация с устойчивыми внешнеэкономическими связями. Единицу наблюдения и временной интервал определяют до отбора показателей. Для межстранового анализа подходит панель данных за несколько лет. Для корпоративного уровня возможны квартальные или годовые наблюдения по проектам и направлениям сотрудничества. Информационная база может включать статистику торговли и инвестиций. Также сюда входят показатели логистики и электронного правительства. Нужны сведения о цифровой инфраструктуре, кибербезопасности, облачных решениях, электронном документообороте и ИИ. Дополнительно —результаты стандартизированного экспертного опроса.

Причину и результат измеряем раздельно. Индекс цифровой зрелости показывает, насколько участник способен использовать данные и интеллектуальные инструменты. Индекс эффективности отражает уже достигнутое качество международного взаимодействия. Если цифровые показатели войдут сразу в обе части оценки, возникнет круговая зависимость. Технология заранее повысит итоговый балл. Потом этот же балл станет доказательством её эффективности. Разделение индексов снимает эту логическую ошибку. Гипотеза становится проверяемой.

Первичные показатели нормализуют в интервале от 0 до 1. Для показателей-стимуляторов берут отношение разности фактического и минимального значений к размаху вариации. Для показателей-дестимуляторов применяют обратную нормализацию. К ним относят задержки, издержки и риски. Чтобы размер экономики не определял оценку автоматически, абсолютные

величины заменяют долями, темпами, показателями на душу населения или на одну операцию. В базовом варианте веса внутри блоков равные. Затем устойчивость результата проверяют на экспертных весах и на весах, которые даёт метод главных компонент.

$$IDM_i = \sum_{j=1}^{8} w_j z_{ij}, \qquad \sum_{j=1}^{8} w_j = 1$$

Здесь IDM_i —индекс цифровой зрелости i-го участника. z_{ij} —нормализованная оценка j-го блока. w_j —вес блока. Восемь блоков охватывают инфраструктуру, данные и аналитику, электронный документооборот, платформенную интеграцию, применение ИИ, кадровые компетенции, кибербезопасность и нормативную совместимость. Цифровая зрелость здесь —организационно-экономическая характеристика, а не только техническая.

Таблица 1
Состав показателей модели оценки

Компонент	Содержание	Примеры показателей	Связь с эффективностью
Цифровая зрелость	Готовность инфраструктуры, данных, процессов, кадров и регулирования	Связь, облака, качество данных, ЭДО, платформы, компетенции	+
Применение ИИ	Фактическая интенсивность использования алгоритмов в международных процессах	Прогнозирование, проверка контрагентов, перевод, логистика, выявление аномалий	+ при достаточной зрелости
Промежуточные механизмы	Каналы, через которые формируется экономический эффект	Транзакционные издержки, срок обработки документов, точность прогноза, устойчивость поставок	+ или -
Эффективность сотрудничества	Результативность и качество устойчивых международных связей	Торговая динамика, инвестиции, надёжность поставок, стабильность проектов, инновационный результат	Результат
Риски	Факторы, уменьшающие реализованный эффект	Ошибки данных, непрозрачность модели, киберугрозы, правовая неопределённость, зависимость от платформ	-
Контрольные переменные	Условия, способные объяснить результат независимо от цифровизации	Размер экономики, открытость, институты, человеческий капитал, отраслевая структура	Учитываются в модели

Результаты исследования

Первый результат —уточнение оцениваемой категории. Эффективность международного экономического сотрудничества мы понимаем как способность участников давать устойчивый торговый, инвестиционный и инновационный результат. При этом издержки должны быть приемлемыми, риски —контролируемыми, а адаптивность к внешним изменениям —сохранена. Такое определение шире показателя внешнеторгового оборота. Рост оборота может идти вместе с увеличением сроков. Возможна концентрация на одном поставщике. Возможна критическая зависимость от внешней платформы. Тогда результативность растёт, а устойчивость сотрудничества падает.

Индекс эффективности IEC_i состоит из шести блоков: торговая результативность, инвестиционная активность, логистическая устойчивость, транзакционная эффективность, устойчивость совместных проектов и инновационный результат. В каждом блоке сочетаются итоговые и процессные показатели. Динамику экспорта дополняет диверсификация партнёров. Объём инвестиций —стабильность финансирования и доля завершённых проектов. Транзакционная эффективность измеряется сроком и стоимостью согласования документов. Также учитываются частота ошибок и доля операций в цифровой форме.

Второй результат —отдельный показатель интенсивности применения ИИ. Лицензия или пилотный проект ещё не доказывают, что технология реально используется. Оценка должна учитывать долю международных операций, где алгоритм участвует в анализе, прогнозе или подготовке решения. Важна регулярность применения. Важна интеграция с данными. Нужна процедура проверки рекомендаций. Нужен подтверждённый эффект по времени, точности или затратам. Это снижает риск формальной отчётности. Тогда единичный эксперимент не выдаётся за цифровую трансформацию.

Третий результат —эконометрическая проверка гипотезы. Базовая модель включает отдельные коэффициенты цифровой зрелости и ИИ. Добавляется их произведение. Коэффициент при переменной взаимодействия показывает, меняется ли эффект ИИ при переходе к более зрелой цифровой среде. Для панельных данных учитываются индивидуальные и временные эффекты. Нужны и лаги: расходы на внедрение возникают раньше экономического результата.

$$IEC_{it} = \beta_0 + \beta_1 IDM_{it} + \beta_2 AI_{it} + \beta_3 (IDM_{it} \times AI_{it}) + \beta_4 X_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it}$$

В модели IEC_{it} —индекс эффективности. IDM_{it} —цифровая зрелость. AI_{it} —интенсивность применения ИИ. X_{it} —контрольные переменные. μ_i и τ_t —индивидуальные и временные эффекты. Если β_3 положителен и статистически значим, цифровая зрелость усиливает отдачу от ИИ. Если β_2 незначим, а β_3 положителен, технология не даёт устойчивого результата вне подготовленной цифровой среды. Если β_2 отрицателен, а β_3 положителен, это указывает на первоначальные издержки и риски внедрения. Они выше у недостаточно зрелых участников.

Прямое влияние нужно дополнить анализом промежуточных механизмов. Сначала оцениваем связь цифровой зрелости и ИИ со сроком обработки документов. Затем —с транзакционными издержками, точностью прогноза, устойчивостью логистики и качеством проверки контрагентов. После этого эти переменные включаем в уравнение эффективности. Если коэффициенты β_1 и β_2 уменьшатся, эффект идёт через конкретные процессы. Сам по себе он не возникает. Такой анализ даёт практический ответ. Какой процесс нужно изменить, чтобы цифровые инвестиции повлияли на международный результат?

Четвёртый результат —риск-корректировка индекса. Операционный эффект может быть завышен. Причина —неучтённые риски. Это утечка данных, ошибочное решение, сбой платформы. Сюда же входят несоответствие требованиям другой юрисдикции и невозможность проверить модель. Интегральный риск R_i считаем по тем же правилам нормализации, на отрезке от 0 до 1. Скорректированную оценку определяем так:

$$IEC_i^* = IEC_i(1 - \rho R_i), \qquad 0 \le \rho \le 1$$

Параметр ρ задаёт чувствительность вида сотрудничества к цифровому риску. Для критической инфраструктуры, финансовых расчётов и конфиденциальных данных ρ выше. Для вспомогательной аналитики —ниже. Формула не заменяет детальную оценку рисков. Она показывает разницу между валовым и реализуемым эффектом. Организация может получить высокий балл по скорости операций. Но итоговая оценка будет низкой. Причины —зависимость от одного поставщика или отсутствие аудита алгоритма.

Таблица 2
Интерпретация сочетаний цифровой зрелости и эффективности

Цифровая зрелость	Эффективность	Диагноз	Приоритет решения
Высокая	Высокая	Цифровые возможности преобразованы в устойчивый экономический результат	Масштабирование успешных решений и контроль системных рисков
Высокая	Низкая	Технологическая база имеется, но процессы или стимулы не обеспечивают отдачу	Аудит бизнес-процессов, качества применения ИИ и ответственности за решения
Низкая	Высокая	Результат поддерживается традиционными преимуществами и может быть неустойчивым	Инвестиции в данные, совместимость, ЭДО и кибербезопасность
Низкая	Низкая	Цифровые и экономические ограничения взаимно усиливаются	Базовая инфраструктура, стандарты данных и пилоты с измеримым эффектом

Для практической интерпретации значения индексов можно разделить на четыре уровня: до 0,25 —низкий; 0,25–0,50 —ниже среднего; 0,50–0,75 —выше среднего; свыше 0,75 —высокий. Эти границы являются диагностическими и должны проверяться на фактическом распределении выборки. Более содержательной является совместная позиция участника по двум индексам. Матрица в таблице 2 показывает, что одинаковая эффективность требует разных решений в зависимости от цифровой зрелости.

Обсуждение результатов

Подход развивает работы по цифровизации предприятий [7] и оптимизации управленческих процессов [8]. Акцент смещён с наличия технологии на измеримый механизм её воздействия. Он отличается от обычного рейтинга цифрового развития. Высокий индекс зрелости здесь не равен итоговому успеху. Он показывает готовность получить эффект. Сам экономический результат подтверждают отдельно. Через торговые, инвестиционные, логистические и транзакционные показатели.

Это разделение совпадает с выводами международных организаций. ВТО связывает преимущества ИИ со снижением торговых издержек и ростом производительности. Но распределение этих выгод зависит от доступа к технологиям. Важна и способность участников включаться в цифровую торговлю [9; 10]. ЮНКТАД считает инфраструктуру, данные и компетенции условиями инклюзивного применения ИИ [11]. Всемирный банк относит к базовым элементам национальной готовности вычислительные ресурсы, связь, данные и навыки [12]. OECD отмечает: распространение ИИ повышает требования к управлению данными, безопасности и навыкам [13]. Значит, цифровая зрелость входит в модель не как фон. Она меняет отдачу от ИИ.

Методика имеет несколько ограничений. Во-первых, часть нужных данных не публикуется. Особенно на уровне организаций. Это доля процессов с участием ИИ, стоимость проверки решений, фактические транзакционные издержки. Здесь нужен стандартизированный опрос. Ответы следует подтверждать операционными показателями. Во-вторых, интегральный индекс чувствителен к составу переменных и весам. Поэтому нужны расчёты по нескольким системам весов. Также необходим анализ выбросов. И проверка результатов после исключения отдельных блоков. В-третьих, корреляция не доказывает причинность. Более развитые экономики одновременно имеют лучшие институты, инфраструктуру и внешнеэкономические позиции. Панель-

ные модели, лаги и контрольные переменные уменьшают эту проблему. Инструментальные переменные —при наличии оснований —тоже помогают. Но полностью её не устраняют.

В-четвёртых, эффект может быть нелинейным. На ранних этапах затраты на данные, интеграцию, обучение и безопасность выше экономии. После критического уровня зрелости предельная отдача растёт. Затем она может замедлиться. Проверить это можно двумя способами. Добавить квадратичный член IDM². Или использовать пороговую регрессию.

В-пятых, международное сотрудничество носит парный или сетевой характер. Высокая зрелость одного участника не компенсирует несовместимость систем партнёра. Поэтому в двустороннем анализе стоит учитывать несколько величин. Минимальную зрелость пары. Абсолютный разрыв между партнёрами. Показатель совместимости стандартов.

Качество управления ИИ важно. Алгоритм влияет на отбор контрагента, кредитный лимит или маршрут поставки. У него должен быть назначенный владелец. Данные должны быть документированы. Нужна процедура человеческой проверки. Нужно журналирование решений. Чем выше последствия ошибки, тем строже требования к объяснимости и независимому аудиту. В международной среде добавляются различия в правилах трансграничной передачи данных, ответственности и защите коммерческой информации. Поэтому риск-корректировка —содержательная часть оценки. Это не формальное приложение к положительному эффекту.

Практическое применение методики лучше начинать с узкого набора процессов. Для них уже есть исходные и итоговые показатели. В логистическом проекте сравнивают время планирования маршрута и частоту задержек. Также учитывают стоимость срочных изменений и точность прогноза. Сравнение идёт до и после внедрения ИИ. В электронном документообороте измеряют срок согласования. Считают число исправлений и стоимость одной операции. Это связывает технологию с наблюдаемым результатом. Затем оценку можно масштабировать на организацию, регион или международный проект.

Заключение

Исследование показывает: влияние ИИ на международное экономическое сотрудничество нельзя оценивать по числу внедрённых решений. Нельзя оценивать и по объёму расходов на цифровизацию. Экономический эффект возникает через конкретные изменения. Это сокращение времени и стоимости операций. Это повышение точности прогнозов, устойчивости поставок, прозрачности контрагентов и качества управленческих решений. Для таких изменений нужна цифровая зрелость. Она объединяет инфраструктуру, данные, процессы, кадры, безопасность и нормативную совместимость.

Методика включает раздельный расчёт индекса цифровой зрелости и индекса эффективности. Отдельно оценивается интенсивность фактического применения ИИ. Используется регрессионная модель с переменной взаимодействия. Результат корректируется на риски. Научная ценность подхода — в проверяемом взгляде на цифровую зрелость. Она может усиливать отдачу от ИИ. Может и ограничивать её. Практическая ценность —в возможности найти участок, где возникает разрыв между технологическими ресурсами и экономическим результатом.

На следующем этапе нужно собрать панель сопоставимых данных. Затем — проверить систему показателей на группе стран, регионов или организаций. Отдельно проверяется устойчивость индексов при разных весах. Особое внимание — временным лагам, пороговым эффектам и цифровой совместимости партнёров. Полученные оценки помогут выбирать проекты внедрения ИИ. Они пригодятся для обоснования инвестиций в цифровую инфраструктуру. Также они нужны для мер против цифрового неравенства и технологической зависимости.

Литература

1. Босюк В. Н., Нартя А. А. Математические методы и цифровая экономика на уровне предприятий // Ломоносовские научные чтения. Актуальные вопросы фундаментальных и прикладных исследований: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 13–16.
2. Босюк В. Н., Узун И. Н., Гощина Н. Н. Сравнительный анализ использования типовых программных продуктов при компьютерном моделировании хозяйственных ситуаций // Финансовый бизнес. 2022. № 12 (234). С. 47–51.
3. Босюк В. Н., Гощина Н. Н. Пакеты прикладных программ и их использование в экономических исследованиях // Цифровизация как фактор экономического развития: материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 7–18.
4. Босюк В. Н., Саломатина Е. В., Нартя А. А. Синтез цифровизации и операционных инноваций в основе производственной цепочки // Экономика и предпринимательство. 2023. № 12 (161). С. 962–966.
5. Босюк В. Н., Саломатина Е. В. Инструментарий эконометрического моделирования в исследовании экономических процессов // Экономика и предпринимательство. 2023. № 12 (161). С. 996–1001.
6. Нягу В. Н., Салко Д. А., Кирман С. Н., Босюк В. Н., Гощина Н. Н. Факторный анализ и искусственный интеллект в непроизводственной сфере // Актуальные вопросы и проблемы экономики и управления: сборник материалов Республиканской научно-практической конференции обучаемых на магистерских программах. Санкт-Петербург, 2023. С. 7–15.
7. Нартя А. А., Босюк В. Н. Влияние цифровых технологий на эффективность работы современных предприятий // Теоретико-прикладные аспекты экономики и управления: сборник материалов Республиканской научно-практической конференции обучаемых на магистерских программах в 2024 году. Санкт-Петербург, 2024. С. 15–21.
8. Салко Д. А., Добровольский В. В., Босюк В. Н. Внедрение цифровых технологий для оптимизации управленческих процессов в непроизводственной сфере // Теоретико-прикладные аспекты экономики и управления: сборник материалов Республиканской научно-практической конференции обучаемых на магистерских программах в 2024 году. Санкт-Петербург, 2024. С. 22–28.
9. World Trade Organization. Trading with Intelligence: How AI Shapes and Is Shaped by International Trade. Geneva: WTO, 2024.
10. World Trade Organization. World Trade Report 2025: Making Trade and AI Work Together to the Benefit of All. Geneva: WTO, 2025.
11. UN Trade and Development. Technology and Innovation Report 2025: Inclusive Artificial Intelligence for Development. Geneva: United Nations, 2025.
12. World Bank. Digital Progress and Trends Report 2025: Strengthening AI Foundations. Washington, DC: World Bank, 2025.
13. OECD. OECD Digital Economy Outlook 2024. Vol. 1: Embracing the Technology Frontier. Paris: OECD Publishing, 2024. DOI: 10.1787/a1689dc5-en.

Assessing the impact of artificial intelligence and digital maturity on the efficiency of international economic cooperation

Dobrovolsky V.V.
T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article develops a method for assessing how artificial intelligence and digital maturity affect the efficiency of international economic cooperation. The framework separates a digital maturity index from an international cooperation efficiency index, distinguishing enabling conditions from observed outcomes. The hypothesis is tested with a regression model that includes the interaction between digital maturity and the intensity of AI use. A risk adjustment captures poor data quality, algorithmic opacity, legal uncertainty, cyber threats and technological dependence. The study combines index, econometric and risk-oriented methods and treats digital maturity as a condition for realizing the economic benefits of AI. The method supports comparisons among countries, regions and firms and helps identify priorities for AI investment in cross-border trade, investment and logistics.

Keywords: artificial intelligence, digital maturity, international economic cooperation, efficiency, composite index, transaction costs, econometric model, digital risks.

References

1. Bosyuk V. N., Nartya A. A. Mathematical Methods and the Digital Economy at the Enterprise Level // Lomonosov Scientific Readings: Current Issues in Fundamental and Applied Research — Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk, 2022, pp. 13–16.
2. Bosyuk V. N., Uzun I. N., Goshchina N. N. A Comparative Analysis of the Use of Standard Software Products for Computer Modeling of Business Situations // Financial Business. 2022, No. 12 (234), pp. 47–51.
3. Bosyuk V. N., Goshchina N. N. Application Software Packages and Their Use in Economic Research // Digitalization as a Factor of Economic Development — Proceedings of an International Scientific and Practical Conference. Saint Petersburg, 2023, pp. 7–18.
4. Bosyuk V. N., Salomatina E. V., Nartya A. A. The Synthesis of Digitalization and Operational Innovations at the Core of the Production Chain // Economics and Entrepreneurship. 2023, No. 12 (161), pp. 962–966.
5. Bosyuk V. N., Salomatina E. V. Econometric Modeling Tools in the Study of Economic Processes // Economics and Entrepreneurship. 2023, No. 12 (161), pp. 996–1001. 6. Nyagu V. N., Salko D. A., Kirman S. N., Bosyuk V. N., Goshchina N. N. Factor Analysis and Artificial Intelligence in the Non-Production Sector // Current Issues and Problems in Economics and Management: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference for Master's Degree Students. Saint Petersburg, 2023, pp. 7–15.
7. Nartya A. A., Bosyuk V. N. The Impact of Digital Technologies on the Operational Efficiency of Modern Enterprises // Theoretical and Applied Aspects of Economics and Management: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference for Master's Degree Students, 2024. Saint Petersburg, 2024, pp. 15–21.
8. Salko D. A., Dobrovolsky V. V., Bosyuk V. N. Implementing Digital Technologies to Optimize Management Processes in the Non-Production Sector // Theoretical and Applied Aspects of Economics and Management: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference for Master's Degree Students, 2024. Saint Petersburg, 2024, pp. 22–28.
9. World Trade Organization. Trading with Intelligence: How AI Shapes and Is Shaped by International Trade. Geneva: WTO, 2024.
10. World Trade Organization. World Trade Report 2025: Making Trade and AI Work Together to the Benefit of All. Geneva: WTO, 2025.
11. UN Trade and Development. Technology and Innovation Report 2025: Inclusive Artificial Intelligence for Development. Geneva: United Nations, 2025.
12. World Bank. Digital Progress and Trends Report 2025: Strengthening AI Foundations. Washington, DC: World Bank, 2025.
13. OECD. OECD Digital Economy Outlook 2024. Vol. 1: Embracing the Technology Frontier. Paris: OECD Publishing, 2024. DOI: 10.1787/a1689dc5-en.

Проектное управление в туристской сфере КНР: состояние, тенденции и ресурсное обеспечение

Жэнь Сяотун
аспирант, Высшая школа управления, туризма и сервиса, Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы, 1042248163@pfur.ru

Статья посвящена анализу состояния и тенденций применения проектного управления в туристской сфере КНР. На материале статистических данных, государственных планов, стандартов, ведомственных руководств и региональных демонстрационных кейсов показано, что проектное управление в туризме Китая развивается как многоуровневая система координации цифровых, инфраструктурных, сервисных и инвестиционных преобразований. Выявлены основные направления проектной декомпозиции туристской политики. Автором рассчитываются основные и производные показатели по внутреннему туризму КНР за 2023–2024 гг. В них были включены средний расход на одну поездку и проектно-управленческую нагрузку на объекты категории А. Был сделан вывод о том, что дальнейшее повышение эффективности туристских предприятий Китая зависит от способности переводить национальные цели в портфели проектов с измеримыми KPI, а также с источниками финансирования и механизмами постпроектного контроля.

Ключевые слова: проектное управление, туристская сфера КНР, умный туризм, внутренний туризм, туристские объекты категории А, цифровизация туризма, публичные туристские услуги, финансирование проектов, KPI, туристская инфраструктура.

Введение

Туристическая сфера КНР в последние годы (2023-2024) перешла после длительного восстановления к процессу управляемого качественного роста. Переход был сопряжен с увеличением туристских потоков и расширением расходов населения. Произошло обновление стандартов качества, стремительный рост роли цифровых сервисов и установилась более жесткая увязка туристской политики с задачами развития территорий. С этим традиционное административное управление отраслью постепенно дополнилось и проектным подходом. Вышесказанное связано с тем, что отдельные меры государственной политики требуют календарного планирования, ресурсного обеспечения и распределения ответственности. А также и контроля результатов и последующего тиражирования успешных решений.

Актуальность исследования связана с тем, что туристские предприятия и органы управления КНР всё чаще и чаще действуют в логике портфелей и программ. Цифровые платформы, туристские распределительные центры, разнообразные системы видеомониторинга, а также сервисы для въездного туризма и инфраструктура безопасности и т.д. не могут быть реализованы исключительно в формате текущей операционной деятельности. Ведь они требуют проектной структуры, в которой фиксируются все нюансы.

Цель предлагаемой статьи состоит в выявлении состояния и ключевых тенденций применения проектного управления в туристской сфере КНР. Для достижения цели автором решаются задачи оценки количественной динамики внутреннего туризма, определения проектного содержания государственных документов, систематизации направлений цифровой и сервисной модернизации, а также выявления финансовых каналов, которые обеспечивают реализацию туристских проектов.

Методологическую основу статьи составили системный, институциональный и проектно-управленческий подходы. Системный подход позволяет рассматривать туристскую сферу КНР как совокупность взаимосвязанных элементов (туристские потоки, объекты посещения, цифровая инфраструктура, публичные сервисы, стандарты качества, источники финансирования и механизмы межведомственной координации). Институциональный подход используется для анализа государственных планов, стандартов и ведомственных руководств, которые задают правила реализации туристских проектов. Проектно-управленческий подход применяется для интерпретации отраслевых мер через категории цели, результата, портфеля проектов, KPI, ресурсного обеспечения, приемки и постпроектного контроля.

Информационную базу исследования составили статистический бюллетень Министерства культуры и туризма КНР за 2023 г., официальные данные о внутреннем туризме за 2024 г., План действий по инновационному развитию умного туризма, Руководящие указания по продвижению высококачественного развития туристских публичных услуг, План повышения внутреннего туризма на 2023–2025 гг., сведения о национальном стандарте GB/T 17775-2024, карточка проекта стандарта по требованиям к умной эксплуатации туристских достопримечательностей, а также региональные материалы провинции Фуцзянь о демонстрационных цифровых проектах в культуре и туризме [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8]. Для уточнения исследовательской рамки дополнительно использованы научные работы по оценке умного строительства туристских достопримечательностей и цифровизации туристских территорий Китая [9; 10].

Результаты

Базовое состояние туристской сферы Китая показывает масштаб управленческой нагрузки, которая формирует потребность в проектном подходе. В конце 2023 г. внутренние туристские поездки в КНР составили 4,891 млрд, расходы внутренних туристов достигли 4,91 трлн юаней, число туристских агентств составило 56 275, число гостиниц категорий звездности 8 253, а число туристских «объектов категории А» 15 721. По «объектам категории А» было зафиксировано 5,75 млрд посещений и 406,87 млрд юаней дохода при численности занятых 1,607 млн человек [1]. В 2024 г. Было совершено 5,615 млрд поездок только внутри станы, а расходы превысили 5,75 трлн юаней [2]. Соответсвенно, отрасль развивается в условиях одновременного роста спроса, сервисной нагрузки и требований к качеству управления потоками.

Немаловажно, что средний расход на одну внутреннюю поездку в 2023 г. составил 1003,9 юаня, а в 2024 г. уже 1024,0 юаня. При росте количества поездок на 14,8% расходы увеличились на 17,1%. Очевидно, это указывает на ускоренное расширение денежного оборота отрасли. В 2023 г. средний доход «объекта категории А» на одно посещение составил 70,8 юаня, средняя же годовая нагрузка на один «объект категории А» был около 365,8 тыс. посещений. Мы видим, что проектное управление должно быть ориентировано прежде всего повышение пропускной способности, а также рост среднего чека. Большую роль играют и управление очередями, развитие дополнительных услуг, цифровая навигацию и безопасность.

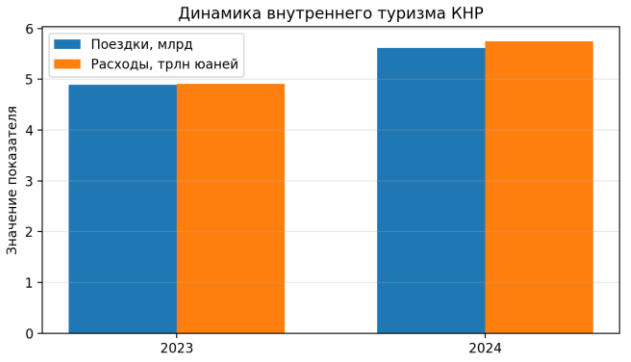


Рис. 1. Динамика внутренних туристских поездок и расходов внутренних туристов в КНР в 2023–2024 гг. Источник: составлено автором по данным Министерства культуры и туризма КНР и Госсовета КНР [1; 2].

Наиболее выраженная тенденция применения проектного управления связана с цифровизацией туристской сферы. В Плане действий по инновационному развитию умного туризма задан горизонт до 2027 г. и определены изменения в инфраструктуре, управлении, маркетинге, продуктовой линейке и туристском опыте [3]. Для проектного анализа особенно важно, что документ не ограничивается общей установкой на цифровизацию. В нем названы конкретные объекты и решения (туристские центры экстренного командования, интеллектуальные турникеты, экранные системы в туристских зонах, билетные системы, электронные решения для экскурсионного сопровождения, цифровая модернизация парковок, туристских распределительных и консультационных центров, центров обслуживания посетителей, дорог внутри туристских зон и навигационных указателей). Подобного рода детализация превращает цифровизацию в набор проектируемых результатов, для которых можно определить состав работ, закупки оборудования, интеграцию информационных систем, обучение персонала и сопровождение эксплуатации.

Отдельное значение имеет блок 5G+ умный туризм. К приоритетным территориям относятся основные туристские и культурные объекты страны, например курортные зоны, центры сельского туризма и археологические парки [3]. Предмет внедрения представляет собой видеомониторинг, передачу данных в реальном времени и сценарии применения беспилотных технологий. Из вышесказанного следует, что развитие связи и данных становится самостоятельным проектным результатом. Он может быть оценен по покрытию, надежности, скорости передачи информации и способности обслуживать пики спроса. План действий по умному туризму вместе с этим формирует управленческую границу между публичными и коммерческими сервисами. Государственные органы отвечают за общую инфраструктуру, безопасность, надзор и общественную информацию. Сами профессиональные операторы могут участвовать в модернизации платформ, операционном аутсорсинге и сетевом управлении [3]. Использование цифровых технологий в туристских сервисах расширяет задачи проектного управления. Сейчас проекты могут охватить техническое обеспечение, организацию работы сервиса, контроль рисков и оценку результатов.

Еще одна тенденция связана с развитием публичных туристских сервисов. Руководящие указания по продвижению высококачественного развития туристских публичных услуг закрепляют ориентацию на мероприятия, которые рассчитаны примерно на 3–5 лет. Указания связывают их с механизмом управления через крупные проекты [4]. В области офлайн-информационных сервисов предусмотрено развитие сети туристских сервисных центров с функциями консультации, а также демонстрации, приема жалоб и бытового обслуживания. Для уже онлайн-информации закрепляется разработка умных платформ публичных туристских услуг, интеграция консультационных разделов в правительственные порталы, официальные аккаунты и мини-программы. Интересным является и применение искусственного интеллекта для интеллектуального вопросно-ответного сервиса. Все это требует паспортизации сервисов, определения ответственных органов, обеспечения актуальности данных и , конечно, регулярной оценки удобства использования.

Отдельное немаловажное значение имеет обмен данными между разными ведомствами. Речь идет прежде всего о сведениях, связанных с транспортом, погодой, туристскими потоками, безопасностью и качеством обслуживания [4]. Использование их помогает быстрее оценивать ситуацию и принимать решения. Для работы таких систем принципиально, чтобы информация передавалась между провинциальным, городским и уездным уровнями по единым правилам. Еще одно направление связано с развитием транспортной и сервисной инфраструктуры. В китайских документах большое внимание уделяется доступности туристских объектов и качеству инфраструктуры вокруг них [4]. Наряду с этим закрепляются проекты туристских зеленых коридоров, туристских автодорог, пейзажных дорог, туристской навигации и интеллектуальных указателей. Для проектного управления это означает необходимость согласования туристских целей с дорожным строительством, транспортной логистикой, навигацией, безопасностью, экологическими ограничениями и локальной культурной репрезентацией.

Четвертая тенденция выражается в стандартизации результатов. В 2024 г. был опубликован национальный стандарт GB/T 17775-2024 «Туристские достопримечательности. Классификация уровней качества», вводимый в действие с 1 марта 2025 г. [5]. Для проектного управления данный стандарт важен как рамка приемки модернизационных работ по объектам категории А. Проект должен приводить объект к проверяемому соответствию уровневым требованиям. На стыке стандартизации и цифровизации формируется также проект стандарта по требованиям к умной эксплуатации и управлению туристскими достопримечательностями, который должен заменить более ранний стандарт по цифровому применению в туристских достопримечательностях [6]. Это показывает переход от простой информатизации к управлению цифровой зрелостью объекта.

Пятая тенденция состоит в том, что национальные планы задают портфельные линии проектов, а провинции и города фиксируют демонстрационные кейсы как прикладные результаты. План повышения внутреннего туризма на 2023–2025 гг. целесообразно рассматривать как основу проектной декомпозиции внутреннего туризма [7]. Его проектно-управленческое содержание включает целеполагание на уровне потребительского спроса, разработку новых туристских продуктов, сезонное перераспределение потоков, развитие туристской инфраструктуры, цифровую поддержку, повышение качества услуг и координацию участников рынка. Сезонные кампании становятся проектами формирования продуктовых линеек, маршрутов, событийных программ, транспортных схем и системы информационного сопровождения.

Региональный уровень показывает, как проектные установки переводятся в конкретные кейсы. В публикации Департамента культуры и туризма провинции Фуцзянь о результатах отбора проектов за 2023 г. названы демонстрационные цифровые сценарии в культуре и туризме, включая ночной проект Dreamland Jiulongtan в уезде Тайнин, иммерсивный театр Yanshan Old и другие практики цифрового культурно-туристского потребления [8]. Эти примеры важны как подтверждение того, что проектное управление охватывает закупку контента и оборудования, интеграцию с билетными и потоковыми системами, организацию безопасности на площадке, подготовку персонала и сопровождение эксплуатации в сезонных режимах спроса.

Научные исследования подтверждают необходимость перехода от формального внедрения цифровых решений к измеряемой оценке зрелости. В статье Qian Wu, Zizhao Wu и Ning Deng предложена система оценки умного строительства туристских достопримечательностей Китая на материале объектов 5A и 4A с использованием Delphi и аналитического иерархического процесса [9]. В терминах проектного управления такая модель позволяет декомпозировать целевой образ результата в критерии, веса и индикаторы, которые применяются для мониторинга качества и прогресса внедрения. Исследование Chunyang Yang о программе Digital Scenic Area показывает, что цифровизация туристских территорий в КНР имеет длительную институциональную историю и с 2004 г. развивалась преимущественно на наиболее популярных направлениях [10]. Это позволяет рассматривать выбор площадок как элемент портфельного отбора и пространственной приоритизации проектов.

Таблица 1
Расчетные показатели развития туристской сферы КНР и их проектно-управленческая интерпретация

Показатель	Формула расчета	2023	2024	Проектно-управленческая интерпретация
Внутренние туристские поездки	Официальный показатель	4,891 млрд поездок	5,615 млрд поездок	Рост на 0,724 млрд поездок требует проектов увеличения пропускной способности и цифрового управления потоками.
Расходы внутренних туристов	Официальный показатель	4,91 трлн юаней	5,75 трлн юаней	Расходы растут быстрее поездок, что создает резерв доходности через продуктовые и сервисные проекты.
Средний расход на поездку	Расходы / поездки	1003,9 юаня	1024,0 юаня	Прирост около 2,0% показывает потенциал повышения среднего чека при необходимости контроля качества и ценности услуги.

Средний доход объекта категории А на посещение	Доход А-объектов / посещения А-объектов	70,8 юаня	Нет сопоставимого опубликованного значения	KPI применим для оценки проектов монетизации маршрута, билетов, событий и дополнительных услуг.
Средняя годовая нагрузка на объект категории А	Посещения А-объектов / число А-объектов	365,8 тыс. посещений	Нет сопоставимого опубликованного значения	Показатель отражает потребность в проектах навигации, безопасности, очередей, парковок и сервисных центров.

Источник: составлено автором по данным [1; 2].

Финансирование проектного управления в туристской сфере КНР имеет смешанный характер. На государственном уровне используются бюджетные и инвестиционные инструменты, специальные облигации местных правительств, ультрадолгосрочные казначейские облигации и механизмы инфраструктурных REITs. На уровне предприятий ресурсное обеспечение дополняется собственными средствами, операционным денежным потоком, банковскими кредитами, контрактной оплатой услуг проектного управления и частными инвестициями. Поэтому при оценке туристского проекта необходимо разделять источник капитальных вложений, источник операционного финансирования и источник возврата инвестиций.

Таблица 2
Источники финансирования и ресурсного обеспечения проектного управления в туристской сфере КНР

Источник / канал	Количественный ориентир	Проектное применение	Диагностическое значение
Специальные облигации местных правительств	План выпуска на 2024 г. — 3,9 трлн юаней; предварительно отобрано около 38 тыс. проектов	Инфраструктурные, публично-сервисные и территориальные проекты	Требуют паспорта проекта, сметы, сроков, эффектов и готовности к строительству.
Ультрадолгосрочные специальные казначейские облигации	В 2024 г. предусмотрен выпуск 1 трлн юаней; к IV кварталу распределено около 700 млрд юаней	Транспортная доступность, общественная инфраструктура, цифровизация, устойчивое развитие	Фиксируют необходимость увязки туристских проектов с государственными стратегиями.
Операционный денежный поток отрасли	В 2024 г. 5,615 млрд поездок и более 5,75 трлн юаней расходов	Маршруты, события, сервисные центры, цифровые платформы, объекты размещения и питания	Позволяет оценивать спрос, средний чек, загрузку инфраструктуры и финансовую устойчивость.
Корпоративные бюджеты цифровых платформ	Trip.com Group: расходы на разработку продукта в 2024 г. — 13,1 млрд юаней	Цифровые сервисы, travel-management платформы, аналитика данных, автоматизация бронирования	Показывают проектную зрелость цифрового бизнеса и инвестиции в масштабируемый продукт.
Контрактная модель управления и asset-light подход	Показатель задается стоимостью договоров управления, числом контрактов и выручкой от управленческих услуг	Запуск и сопровождение культурно-туристских объектов без полного владения активом	Позволяет масштабировать компетенции проектной команды и снижать капитальную нагрузку.
Частные инвестиции и социальный капитал	Оцениваются объемом инвестиций, долей частного капитала, сроком окупаемости, NPV/IRR	Гостиницы, MICE-инфраструктура, тематические парки, иммерсивные пространства	Требуют строгого бизнес-кейса, распределения рисков и KPI доходности.

Источник: составлено автором по данным Госсовета КНР и отчетности Trip.com Group [2; 11; 12; 13; 14].

Обобщение полученных результатов позволяет выделить несколько характеристик современного состояния проектного управления в туристской сфере КНР. Во-первых, оно развивается сверху вниз через национальные планы, стандарты и ведомственные руководства, которые задают целевые горизонты, типы проектируемых объектов и ожидаемые сервисные результаты. Заметная часть изменений начинается на региональном уровне. Появляются все и новые новые проекты и цифровые решения. При этом основная сложность сегодня связана с тем, насколько согласованно работают разные элементы туристской системы. Меняется и финансирование проектов, ведь государственные средства все чаще дополняются вложениями бизнеса и частного капитала. Для туристских предприятий Китая это прежде всего означает, что проектное управление становится важным инструментом организации работы и повышения эффективности. Оно позволяет увязать стратегические цели с конкретными проектами, перевести цифровую модернизацию в измеримые результаты, контролировать бюджет и сроки, распределять ответственность между государственными и коммерческими участниками, а также оценивать качество результата после завершения проекта. Для предприятий наиболее важными становятся KPI посещаемости, среднего расхода, дохода на посещение, загрузки инфраструктуры, скорости обслуживания, удовлетворенности туристов, безопасности и устойчивости эксплуатации.

Заключение

Анализ показывает, что проектное управление в туристской сфере КНР формируется как комплексная система управления отраслевыми преобразованиями. Его основой выступают статистически подтвержденный рост внутреннего туризма, государственные планы цифровизации и повышения качества услуг, национальные стандарты, региональные демонстрационные кейсы и смешанная модель финансирования.

Главная тенденция связана с переходом от отдельных мер к более целостному управлению туристскими проектами. Общие направления задаются на государственном уровне, их реализация уточняется в регионах с учетом установленных требований и доступного финансирования. Поэтому современный туристский проект в КНР охватывает уже весь процесс его функционирования, контроля и дальнейшего развития. Для повышения эффективности туристских предприятий Китая проектное управление имеет практическое значение как инструмент роста управляемости и конкурентоспособности. Оно позволяет превращать спрос на внутренний и въездной туризм в конкретные инвестиционные, цифровые и сервисные решения. Перспективы дальнейшего развития связаны с расширением проектных офисов в туристских дестинациях, внедрением единых KPI для цифровых и инфраструктурных проектов, усилением постпроектной оценки и тиражированием успешных практик между регионами КНР.

Литература

1. 中华人民共和国文化和旅游部. 中华人民共和国文化和旅游部2023年文化和旅游发展统计公报 [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/tjxx/202408/t20240830_954981.html
2. The State Council of the People's Republic of China. China sees domestic travel surge in 2024 [Electronic resource]. 2025. URL: https://english.www.gov.cn/archive/statistics/202501/22/content_WS6790867bc6d0868f4e8ef0f0.html
3. 文化和旅游部办公厅, 中央网信办秘书局, 国家发展改革委办公厅, 工业和信息化部办公厅, 国家数据局综合司. 关于印发《智慧旅游创新发展行动计划》的通知 [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/zykf/202405/t20240513_952825.html
4. 文化和旅游部, 国家发展改革委, 财政部, 自然资源部, 住房城乡建设部, 交通运输部, 农业农村部, 应急管理部, 国家消防救援局. 关于印发《关于推进旅游公共服务高质量发展的指导意见》的通知 [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/ggfw/202408/t20240805_954514.html
5. 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 全国标准信息公共服务平台: GB/T 17775-2024 旅游景区质量等级划分 基础信息 [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=208E903AB5F379F3E06397BE0A0AB2B9
6. 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 国家标准计划: 旅游景区智慧化运营管理要求 20232384-T-357 [Электронный ресурс]. URL: https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=0DF2D6A5E2203626E06397BE0A0A48E5
7. 文化和旅游部. 文化和旅游部关于印发《国内旅游提升计划（2023—2025年）》的通知 [Электронный ресурс]. 2023. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/scgl/202311/t20231113_949652.html
8. 福建省文化和旅游厅. 福建省文化和旅游厅公布2023年福建省文化和旅游科技教育项目入选名单 [Электронный ресурс]. 2023. URL: https://wlt.fujian.gov.cn/wldt/btdt/202306/t20230626_6192199.htm
9. Wu Q., Wu Z., Deng N. Evaluation of smart scenic spot construction in China // Journal of Digital Economy. 2023. Vol. 2. P. 137–161. URL: https://doi.org/10.1016/j.jdec.2023.12.002
10. Yang C. Digitisation of Scenic and Historic Interest Areas in China // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. Vol. II-5/W3. P. 363–370. URL: https://isprs-annals.copernicus.org/articles/II-5-W3/363/2015/
11. The State Council of the People's Republic of China. China to issue more local gov't special-purpose bonds in 2024 [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202403/05/content_WS65e67865c6d0868f4e8e4a48.html

12. The State Council of the People's Republic of China. China completes selection of about 38,000 local gov't special bond projects [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202404/23/content_WS6627b33dc6d0868f4e8e6591.html
13. The State Council of the People's Republic of China. China leverages fiscal toolbox to consolidate economic growth [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202411/04/content_WS6728be2cc6d0868f4e8ec949.html
14. Trip.com Group Limited. Trip.com Group Limited Reports Unaudited Fourth Quarter and Full Year of 2024 Financial Results [Electronic resource]. 2025. URL: https://investors.trip.com/news-releases/news-release-details/tripcom-group-limited-reports-unaudited-fourth-quarter-and-4

Project Management in the Tourism Sector of the PRC: Status, Trends, and Resource Provision

Ren Xiaotong
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article is devoted to the analysis of the current state and trends in the application of project management in the tourism sector of the PRC. Based on statistical data, state plans, standards, departmental guidelines and regional demonstration cases, it is shown that project management in China's tourism is developing as a multi-level system for coordinating digital, infrastructural, service and investment transformations. The main directions of the project decomposition of tourism policy are identified. The author calculates basic and derived indicators for domestic tourism in the PRC for 2023–2024. They include average expenditure per trip and the project-management load on Category A attractions. The conclusion is drawn that further improvement of the efficiency of Chinese tourism enterprises depends on the ability to translate national goals into project portfolios with measurable KPIs, as well as with funding sources and post-project control mechanisms.

Keywords: project management, tourism sector of the PRC, smart tourism, domestic tourism, Category A tourist attractions, digitalization of tourism, public tourism services, project financing, KPI, tourism infrastructure.

References

1. Ministry of Culture and Tourism of the People's Republic of China. Statistical Bulletin on Culture and Tourism Development in 2023 [Electronic resource]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/tjxx/202408/t20240830_954981.html
2. The State Council of the People's Republic of China. China sees domestic travel surge in 2024 [Electronic resource]. 2025. URL: https://english.www.gov.cn/archive/statistics/202501/22/content_WS6790867bc6d0868f4e8ef0f0.html
3. Ministry of Culture and Tourism of the People's Republic of China et al. Notice on Issuing the Action Plan for Innovative Development of Smart Tourism [Electronic resource]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/zykf/202405/t20240513_952825.html
4. Ministry of Culture and Tourism of the People's Republic of China et al. Guiding Opinions on Promoting High-Quality Development of Tourism Public Services [Electronic resource]. 2024. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/ggfw/202408/t20240805_954514.html
5. State Administration for Market Regulation; Standardization Administration of China. GB/T 17775-2024 Tourist Attractions — Classification of Quality Levels: Basic Information [Electronic resource]. 2024. URL: https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=208E903AB5F379F3E06397BE0A0AB2B9
6. State Administration for Market Regulation; Standardization Administration of China. National Standard Plan: Requirements for Smart Operation and Management of Tourist Attractions 20232384-T-357 [Electronic resource]. URL: https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=0DF2D6A5E2203626E06397BE0A0A48E5
7. Ministry of Culture and Tourism of the People's Republic of China. Notice on Issuing the Domestic Tourism Enhancement Plan (2023–2025) [Electronic resource]. 2023. URL: https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/scgl/202311/t20231113_949652.html
8. Fujian Provincial Department of Culture and Tourism. List of Selected Culture and Tourism Science and Education Projects in Fujian Province in 2023 [Electronic resource]. 2023. URL: https://wlt.fujian.gov.cn/wldt/btdt/202306/t20230626_6192199.htm
9. Wu Q., Wu Z., Deng N. Evaluation of smart scenic spot construction in China // Journal of Digital Economy. 2023. Vol. 2. P. 137–161. URL: https://doi.org/10.1016/j.jdec.2023.12.002
10. Yang C. Digitisation of Scenic and Historic Interest Areas in China // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. Vol. II-5/W3. P. 363–370. URL: https://isprs-annals.copernicus.org/articles/II-5-W3/363/2015/
11. The State Council of the People's Republic of China. China to issue more local gov't special-purpose bonds in 2024 [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202403/05/content_WS65e67865c6d0868f4e8e4a48.html
12. The State Council of the People's Republic of China. China completes selection of about 38,000 local gov't special bond projects [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202404/23/content_WS6627b33dc6d0868f4e8e6591.html
13. The State Council of the People's Republic of China. China leverages fiscal toolbox to consolidate economic growth [Electronic resource]. 2024. URL: https://english.www.gov.cn/news/202411/04/content_WS6728be2cc6d0868f4e8ec949.html
14. Trip.com Group Limited. Trip.com Group Limited Reports Unaudited Fourth Quarter and Full Year of 2024 Financial Results [Electronic resource]. 2025. URL: https://investors.trip.com/news-releases/news-release-details/tripcom-group-limited-reports-unaudited-fourth-quarter-and-4

Вторичная (техногенная) ресурсная база критических минералов центральной Азии в условиях углеродного регулирования: cbam как драйвер низкоуглеродной переработки

Машина Анастасия Дмитриевна
магистрант, экономический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, mashinaanastasiya@rambler.ru

В статье предложена концептуальная рамка, которая связывает формирование вторичной (техногенной) ресурсной базы критических минералов Центральной Азии с логикой трансграничного углеродного регулирования Европейского союза (CBAM). Показано, что критические минералы (литий, редкоземельные элементы, вольфрам, сурьма, медь) в настоящее время не входят в товарный охват CBAM. Тем не менее, продукты их передела (прежде всего металлы) уже частично затрагиваются механизмом, а траектория расширения регулирования делает углеродоемкость переработки значимым фактором конкурентоспособности в среднесрочной перспективе. Обосновано, что переработка техногенного сырья (хвостохранилищ, отходов обогащения, вторичного лома) обеспечивает существенно более низкий углеродный след в сравнении с первичной добычей и потому формирует стратегическое окно для локализации низкоуглеродных переделов в регионе. Предложен гибридный аналитический подход, который объединил в себе экономико-стратегическую (модернизация цепочек создания стоимости, инвестиционное окно) и институциональную (согласование стандартов углеродного учета, риски асимметричной зависимости) перспективы. Сформулированы направления промышленной и внешнеэкономической политики.

Ключевые слова: критические минералы, вторичные ресурсы, техногенное сырье, углеродное регулирование, CBAM, Центральная Азия, низкоуглеродная переработка, цепочки создания стоимости.

Введение

Энергопереход сделал критические минералы одной из опор экономической безопасности. Литий, кобальт, никель, редкоземельные металлы, вольфрам, сурьма, медь – они необходимы для изготовления батарей, постоянных магнитов, электросетей и продукции оборонного назначения. Однако наблюдается вполне конкретная сложность: и добыча, и особенно переработка осуществляются на территории достаточно малого числа стран, и вокруг этого растет геоэкономическое напряжение [14; 16]. Тогда же Евросоюз ввел механизм трансграничного углеродного регулирования (CBAM): он переносит углеродные издержки на импорт, и уровень углеродоемкости производства превращается в условие допуска на рынок [19]. Декарбонизацию российской экономики и переход к низкоуглеродной модели в отечественной литературе разобрали уже довольно обстоятельно [4; 5], как и влияние CBAM на сырьевой экспорт и отношения с ЕС [2; 3]. А вот критические минералы и их вторичная база из этой дискуссии пока остаются на второстепенных ролях.

Конкуренцию за критические минералы и рост углеродного регулирования обычно обсуждают как два отдельных дискуссионных вопроса. Идет диалог о первичной добыче, о том, кому принадлежат месторождения. Техногенная ресурсная база (хвостохранилища, отходы обогащения, металлургические шлаки, вторичный лом) остается на периферии анализа, хотя именно в ней скрыт немалый потенциал. Кроме того, наблюдается сильное различие в углеродном следе.

Центральная Азия является показательным примером. Запасы критических минералов на территории крупные, но рядом с ними со времен СССР лежат колоссальные объемы техногенных отходов. При этом роль региона в мировых цепочках поставок сейчас подвергается пересмотру на фоне того, как за него борются внешние игроки [18; 22]. Останется ли он сырьевым придатком или поднимется по цепочке стоимости за счет собственной переработки – вопрос стратегический.

Задача работы состояла в том, чтобы построить концептуальную схему, которая свяжет два элемента: развитие вторичной базы критических минералов региона и логику углеродного регулирования. И тем самым показать, в какой конкретный момент CBAM начинает подталкивать к низкоуглеродной переработке, а в какой – нет. Работа концептуальная, и ее целью было собрать воедино уже работающие механизмы и определить, в каком направлении следует развивать исследования и какие действительные политические меры применять. Вопрос рассматривается сразу с двух сторон: экономико-стратегической и институциональной.

Исследовательский вопрос работы напрямую связан с повесткой устойчивого развития. Вовлечение техногенных отходов в переработку отнесено к ЦУР № 12: ответственное потребление, сокращение образования отходов. Фиксирование низкоуглеродных переделов в самом регионе – ЦУР № 9: своя промышленная инфраструктура, обновленные отрасли. Это подчеркивает важность того, что переработку вторсырья не стоит мерить узкоотраслевой меркой; она является частью большого курса на устойчивое развитие региона.

Методы и данные

Методологически работа опирается на концептуальный анализ и институциональный подход. Эмпирическую основу составляют нормативные документы ЕС (регламенты о CBAM и о критическом сырье), доклады и обзоры международных организаций (ОЭСР, МЭА), а также рецензируемые публикации 2020–2026 гг. и отраслевая статистика. Количественные оценки носят иллюстративный характер и служат для демонстрации порядка величин, а не точного прогноза. Такой дизайн соответствует задаче работы – выстроить аналитическую рамку и очертить направления дальнейших эмпирических исследований.

1. Вторичная ресурсная база и углеродное регулирование: концептуальная рамка

Что понимается под вторичной, техногенной базой? Это совокупность материальных накоплений, образованных в результате хозяйственной деятельности человека, которые потенциально пригодны для повторного использования – в качестве сырья, материалов, энергии или для других производственных целей. Разница с обычным месторождением принципиальная – сырье уже наверху и частично подготовлено, и на первое дробление энергии тратится гораздо меньше. Следовательно, меняется и весь углеродный след передела. В отечественной литературе на нее смотрят как на актив с двойной выгодой: добыча ресурса и улучшение экологической обстановки [6; 8].

Главный тезис работы: вторсырье дает куда меньше парниковых выбросов, чем производство из первичной руды. По оценкам Международного Энергетического Агентства (МЭА), получение переходных минералов (лития, никеля, кобальта) из вторичных источников сопровождается примерно на 80% меньшими выбросами, чем из первичного сырья [13]. По ряду металлов рециклинг в разы менее энергоемок, а к 2050 году он способен сократить

потребность в новых рудниках на 25–40% по отдельным позициям [13]. Этот разрыв в углеродном следе и делает вторичную базу ценной в условиях углеродного регулирования; порядок величин по металлам – в таблице 1. Однако стоит отметить, что безусловным это преимущество не является. Бедное, тонковкрапленное сырье приходится мелко измельчать, что энергоемко; биовыщелачивание и прочие методы извлечения также сопряжены с выбросами. Так что действительный выигрыш из раза в раз упирается в конкретную технологию и состав сырья.

Как же устроен сам механизм CBAM? Импортер платит за углеродную часть товара по удельным выбросам, за вычетом той углеродной цены, что уже внесли в стране происхождения [19]. Круг товаров на данном этапе достаточно ограничен: цемент, электроэнергия, удобрения, черные металлы, алюминий, водород. Критических минералов – лития, РЗМ, вольфрама, сурьмы – в этом списке нет. Однако продукты их передела уже частично затронуты через категории черных металлов и алюминия – прежде всего ферросплавы (подробнее – в разделе 2) и этот список расширяется дальше. Ведется обсуждение включения следующих переделов [18, ст. 30], а значит, углеродоемкость переработки станет важной уже в среднесрочной перспективе. ЕС при этом отдельно стимулирует спрос на вторичное сырье: регламент о критическом сырье прописывает ориентир не менее 25% годового потребления стратегического сырья к 2030 г. за счет мощностей рециклинга внутри ЕС [20]. В 2023–2025 гг. от импортеров ждали только отчетность по выбросам; с 2026 г. подключаются финансовые обязательства [21]. И снова через черные металлы с алюминием в охват попадают продукты передела части критических минералов. Отсюда и косвенная связка CBAM с минеральными цепочками. При этом механизм продолжает активно донастраиваться: регламент (ЕС) 2025/2083 от 8 октября 2025 г. упрощает и одновременно усиливает CBAM [21], что подтверждает динамический характер регулирования и обоснованность опережающего, сценарного подхода.

Здесь – важная оговорка, без нее легко переоценить картину: напрямую на большинство критических минералов CBAM сегодня почти не оказывает давления. Поэтому и смотреть на вопрос нужно сценарно, на опережение: если регулирование доберется до минеральных цепочек, выиграют те страны, что выстроили низкоуглеродные переделы заранее. А вторичная база – самый очевидный способ снизить удельный углеродный след, не сокращая выпуск.

Таблица 1

Сопоставление углеродоемкости первичного и вторичного производства отдельных металлов

Металл	Первичное производство	Вторичное производство	Эффект
Медь	~4,1 т CO_2-экв/т (диапазон 1,1–8,5)	~0,2–1,9 т CO_2-экв/т	до 90% меньше энергии
Алюминий	>90% отраслевых выбросов	~5% энергии первичного	около 95% меньше энергии
Литий, никель, кобальт	Высокая (добыча, обогащение)	Существенно ниже	около 80% меньше выбросов

Источник: составлено автором на основе [13; 17; 26].
Примечание: показатели по строкам не унифицированы и приведены в разных единицах (удельные выбросы, т CO_2-экв/т; энергоемкость; доля отраслевых выбросов) – сопоставление носит иллюстративный характер.

2. Ресурсный и техногенный профиль Центральной Азии

Минерально-сырьевая база Центральной Азии масштабна: по запасам и мощностям здесь лидируют Казахстан и Узбекистан. Они заметнее всего по меди, урану и ряду позиций, которые ЕС и США относят к критическим, включая вольфрам и сурьму. Обе страны все чаще называют площадками, способными диверсифицировать мировые поставки в обход нынешнего доминирующего игрока [11; 18; 22]. И обе все заметнее делают ставку не на вывоз концентратов, а на более глубокий передел – дальше по цепочке стоимости [18].

За этот потенциал все активнее конкурируют страны БРИКС – в первую очередь Россия и Китай: для них доступ к минералам региона вписан в более широкую сырьевую стратегию [18]. Тем самым сюжет статьи выходит прямо на то, как БРИКС увязывают климатическую и ресурсную повестку – как согласуют подходы к углеродному учету и как связывают между собой соответствующие рынки.

О масштабе базы нагляднее всего говорят доли региона в мировых запасах. По имеющимся оценкам, на Центральную Азию приходится порядка 38,6% мировых запасов марганца, 30,1% хрома, 20% свинца и 12,6% цинка, а также ощутимые доли титана, алюминия, меди, кобальта и молибдена [18; 25]. У Казахстана – 21 из 34 позиций списка критического сырья ЕС, Кыргызстан среди мировых лидеров по сурьме, Узбекистан – один из крупнейших держателей запасов меди [15; 18]. Эти оценки и подходы к развитию вторичной базы обсуждали на Первом форуме аналитических центров «Центральная Азия – Великобритания» (Ташкент, 14 сентября 2026 г.), одна из сессий которого была посвящена сотрудничеству в сфере критических минералов [1].

Эти данные важны и с точки зрения углеродного регулирования. Если большинство критических минералов в охват CBAM пока не входит, то ферросплавы – уже входят. Товарная группа «черные металлы» (код КН 72) включает ферромарганец, феррохром и ферроникель (позиции 7202 1x, 7202 4x, 7202 60), тогда как ферровольфрам, ферромолибден, феррованадий и ряд других ферросплавов из охвата прямо исключены [19, прил. I]. Иными словами, именно для тех металлов, по которым у региона наибольшие доли мировых запасов (марганца и хрома) углеродоемкость передела уже сейчас влияет на стоимость экспорта в ЕС. Давление CBAM на минеральные цепочки Центральной Азии, следовательно, не только гипотетическое: через ферросплавы оно действует уже сейчас, а вольфрам и молибден – ближайшие кандидаты, если охват будет расширяться. Однако масштаб этого канала пока ограничен: из 1,4 млн т ферросплавов, экспортированных Казахстаном в январе–сентябре 2025 г., на страны ЕС пришлось около 140 тыс. т (порядка 10%), тогда как свыше 760 тыс. т ушло в Китай [7]. К тому же часть экспортируемых ферросплавов (например, ферросилиций) в охват CBAM не входит [19, прил. I].

Есть у региона и своя особенность: со времен советской добычи и металлургии здесь накопились огромные объемы техногенных отходов; в хвостах и отвалах до сих пор лежат цветные и редкие металлы. Масштаб таких накоплений показателен. Только хвостохранилище Балхашской обогатительной фабрики в Казахстане содержит свыше 630 млн т материала при содержании меди 0,1–0,4% (около 2 млн т меди) [10]. Детальный анализ этих хвостов показывает, что помимо меди (в среднем 0,32%) они содержат цинк (около 0,77%) и железо (около 2,14%), а биогидрометаллургическая переработка обеспечивает извлечение меди на уровне 50–63% в зависимости от режима (pH ≈ 1,8, 30–32 °C) [10]. Это конкретный вторичный ресурс с измеримым содержанием полезных компонентов. Прежде им не придавали значения – технологии простые, цены низкие; теперь же на них смотрят иначе: извлечение дешевеет и совершенствуется, а минералы дорожают. Вдобавок такие объекты не только являются доходными, но и копят экологический риск, и переработка выглядит все разумнее. Казахстан уже разворачивает политику в эту сторону. В частности, предлагаются налоговые льготы для переработки техногенных минеральных образований [9]. Какие именно объекты и что из них можно извлечь – в таблице 2.

Следовательно, ресурса у региона два. Первый – минеральная база, за нее борьба уже идет. Второй – техногенная, и в нее пока вкладывают несопоставимо меньше, но именно она открывает путь к низкоуглеродной переработке. Она меньше зависит от будущих углеродных ограничений и особенно интересна партнерам, которым важен углеродный след поставок. Нагляднее всего это иллюстрируется на примере лома и электронных отходов – извлечение металлов из них уже рассматривают как отдельный инструмент декарбонизации отрасли [24].

Таблица 2

Основные типы техногенных объектов Центральной Азии и извлекаемые компоненты

Тип объекта	Извлекаемые компоненты	Значение для низкоуглеродного передела
Хвосты обогащения руд цветных металлов	Медь, цинк, золото, сопутствующие редкие металлы	Сырье измельчено и вскрыто, что снижает энергозатраты передела
Отвалы вскрышных и вмещающих пород	Остаточные цветные металлы, минеральное сырье	Потенциал для строительных материалов и доизвлечения
Металлургические шлаки и шламы	Цветные и редкие металлы, оксиды	Высокая концентрация компонентов, локализация у заводов
Вторичный лом и отходы электроники	Медь, драгоценные и редкие металлы	Наименьшая удельная эмиссия при переработке

Источник: составлено автором на основе [9; 10; 24].

3. Экономико-стратегическая перспектива: инвестиционное окно

Экономически углеродные ограничения видоизменяют структуру затрат, а заодно и географию. Появился вопрос: где теперь выгодно ставить производство. Как только плата за выбросы входит в цену металла, переделы с высоким следом теряют позиции, а чистые получают премию – или как минимум сохраняют покупателя. Для региона, который хочет отойти от сырьевой модели, это и есть окно для инвестиций.

Здесь в одной точке сходятся две задачи – перестроить цепочку и снизить выбросы. Переработка техногенного сырья на месте оставляет в регионе основную долю добавленной стоимости. Новые переделы можно сразу проектировать чистыми – вторичное сырье менее энергоемко, также есть доступ к гидро- и возобновляемой энергии. А подтвержденный углеродный след продукции становится конкурентным преимуществом на рынках с углеродным регулированием. Все это ложится в логику циркулярной экономики. Важно, однако, уточнить механизм этого выигрыша при действующих правилах. Для черных металлов и алюминия CBAM учитывает только прямые выбросы (приложение II регламента), поэтому преимущество доступа к гидро- и возобновляемой энергии напрямую под механизмом пока почти не монетизируется. Основной эффект вторичного сырья реализуется именно через снижение прямых выбросов передела (меньше дробления, обжига, металлургической обработки), тогда как ценность низкоуглеродного энергоснабжения проявляется в полной мере лишь в тех системах учета, которые охватывают косвенные выбросы.

Однако это окно способно быстро закрыться. Выигрывают те, кто успеет запустить низкоуглеродные мощности до того, как регулирование станет обязательным для минеральных цепочек. Промедление грозит надолго закрепить

в роли поставщика углеродоемких концентратов, к тому же с дисконтом. Поэтому ценность вторичной базы – не только в экологичности, но и в скорости; это шанс занять нишу низкоуглеродного передела. Границы этого преимущества следует оценивать трезво. Основные потоки сырьевого экспорта региона сегодня направлены в Китай, а не в ЕС, поэтому прямой рычаг CBAM для текущей торговли ограничен; кроме того, регламент ЕС о критическом сырье стимулирует развитие переработки внутри самого Союза, что при определенных условиях способно конкурировать с локализацией передела в регионе. Эти обстоятельства не отменяют сценарную логику работы, но очерчивают реальный горизонт ее применимости.

Порядок величин можно показать на простом иллюстративном расчете, с рядом оговорок. По данным Wei et al. [27, рис. 3; оценка автора по графику], совокупный углеродный след производства феррохрома снижается с примерно 5,4 т CO_2-экв/т при традиционной технологии (дуговая печь) до около 1,8 т CO_2-экв/т при низкоуглеродном маршруте (закрытая печь с предподогревом). Если условно отнести этот показатель ко всему объему поставок ферросплавов Казахстана в ЕС (около 140 тыс. т в год [7], верхняя оценка; удельные выбросы феррохрома для простоты распространены и на ферромарганец) и взять цену квот порядка 80 евро/т CO_2 (уровень EU ETS в 2025 г.), то разница в стоимости углеродного следа между двумя маршрутами достигает порядка 40 млн евро в год.

Однако здесь принципиальна структура этих выбросов, и она же задает главный вывод. Основной выигрыш низкоуглеродного маршрута приходится на электроэнергию (по тем же данным, около 3,7 против 0,4 т CO_2-экв/т), тогда как прямые выбросы передела снижаются слабо (примерно с 1,8 до 1,5 т CO_2-экв/т). А для черных металлов CBAM учитывает сегодня только прямые выбросы, поэтому в действующем режиме механизм улавливает лишь малую часть этого выигрыша – различие по оплачиваемой части составляет лишь несколько миллионов евро. Именно это и подтверждает ключевой тезис работы: при нынешних правилах денежный эффект низкоуглеродного передела ограничен, но он становится кратно больше по мере расширения охвата CBAM на косвенные выбросы, – что и обосновывает опережающий, сценарный подход. К тому же CBAM вводится поэтапно (в 2026 г. оплачивается около 2,5% обязательства, полный режим – к 2034 г.), а из платежа вычитается цена углерода, уже уплаченная в стране происхождения, – в Казахстане действует собственная система торговли квотами.

Отдельный вопрос – как вообще организовать переработку техногенной ресурсной базы. Старые хвостохранилища и отвалы разбросаны по территориям, и полезного в каждом, как правило, немного. Строить под каждый свой стационарный завод – экономически не оправдано [1; 12]. Более оправданы модульные, мобильные, передвижные комплексы: одна установка по очереди обходит несколько площадок. Получается принцип «одна инвестиция – несколько объектов», и срок службы оборудования больше не привязан к одному месторождению. Капзатраты распределяются, мелкие и разрозненные объекты втягиваются в переработку, а вокруг них складываются региональные кластеры с общей инфраструктурой [1]. Для низкоуглеродной повестки это принципиально: чем ближе передел к сырью, тем короче транспортное плечо – и тем жизнеспособнее даже то вторсырье, которое поодиночке не окупается.

Таблица 3

Сопоставление первичной и вторичной ресурсной базы критических минералов по параметрам, значимым для углеродного регулирования

Параметр	Первичная база	Вторичная (техногенная) база
Удельный углеродный след передела	Высокий (вскрыша, дробление, обжиг)	Существенно ниже (сырье извлечено и частично подготовлено)
Чувствительность к углеродному регулированию	Растущая по мере расширения охвата	Пониженная, формирует премию
Инвестиционная зрелость в регионе	Объект внешней конкуренции	Недоинвестирована, окно возможностей
Сопутствующий эффект	Новые нарушения земель	Снижение экологических рисков хвостохранилищ

Источник: составлено автором на основе [13; 19].

4. Институциональная перспектива: стандарты, учет и асимметрии

Мешают раскрыть потенциал не одни лишь технологии и финансы – мешает и то, как устроены институты.

Первое, без чего не обойтись, – единый, сопоставимый учет углерода. Доказать, что низкоуглеродная переработка дает реальный экономический эффект, удастся лишь тогда, когда ее углеродный след можно проверить и когда его признают на внешних рынках. Для этого нужны методики подсчета, совместимые с CBAM и смежными системами, а также национальная система мониторинга, отчетности и верификации. На практике речь идет о том, чтобы связать между собой разные языки учета – стандарт углеродного следа продукции ISO 14067, корпоративный GHG Protocol – с методикой CBAM и правилами систем торговли квотами, прежде всего EU ETS. Основная трудность сопоставимости возникает там, где у этих методик расходятся границы учета и исходные допущения.

Второе – договориться, что именно считать. Сейчас механизм учитывает прямые, технологические выбросы, хотя значительная часть углеродного следа переработки приходится на потребленную электроэнергию. Для региона с гидро- и прочими ВИЭ это потенциальный плюс – но сработает он лишь при правильно проведенных границах учета и при официальном признании низкоуглеродного характера энергоснабжения. От методики зависит все: она способна и усилить преимущество вторичного передела, и полностью не раскрыть его.

Третье – управление асимметричной зависимостью. Внешнему партнеру нужен прежде всего доступ к сырью, а не перенос переработки в регион. И инвестиции возможно структурировать так, что добавленная стоимость осядет за пределами Центральной Азии. Институциональный ответ очевиден: доступ к ресурсам – в обмен на обязательства по локализации передела, трансферу технологий, развитию местных компетенций. Углеродное регулирование тут оказывается еще и переговорным рычагом – чем выше спрос на низкоуглеродную продукцию, тем дороже стоит именно местный низкоуглеродный передел.

Также важно рассмотреть более широкий уровень – региональную координацию. Без согласованности стран между собой по вопросам стандартов и инфраструктуры вырастают издержки, ослабляются переговорные позиции. Синхронизация подходов к учету, классификации техногенных объектов, требованиям к верификации ведет к получению эффекта масштаба, и вся низкоуглеродная переработка приобретает для инвестора большую привлекательность.

5. Обсуждение: направления политики и исследовательская повестка

Из предложенной рамки следует несколько направлений рекомендаций. По промышленности – поддерживать проекты с заведомо низким следом и привязывать господдержку к тому, можно ли выбросы верифицировать. По внешнеэкономической линии – не ждать, а заранее разрабатывать свои методики учета под требования главных рынков и использовать низкоуглеродный статус продукции как аргумент за столом переговоров. По инвестициям – увязывать доступ к сырью с локализацией переделов и передачей компетенций.

Важно не уйти в одну из двух крайностей. Первая – преувеличить нынешнее давление CBAM на критические минералы. Большинство из них под механизм пока не подпадает, так что аргументация должна быть сценарной, опережающей. Вторая – отказаться от идеи институциональных барьеров. Технический потенциал низкоуглеродной переработки сам по себе еще ничего не гарантирует: без сопоставимого учета углерода и структурированной модели инвестиций экономически она не состоится.

В работе выделены три линии дальнейших исследований. Вначале инвентаризация: описать техногенную базу региона и сопоставить углеродный след первичной добычи и вторичной переработки через оценку жизненного цикла. Потом – сценарии: что будет с конкурентоспособностью разных схем переработки, если углеродное регулирование начнет расширяться. И отдельно – институты: при каких условиях низкоуглеродный след вообще признают на внешних рынках. Эта статья как раз и очерчивает рамку, внутри которой такие работы перестают быть абстракцией.

Заключение

Статья предложила способ связать вторичную – техногенную – базу критических минералов Центральной Азии с трансграничным углеродным регулированием. В прямой охват CBAM большинство критических минералов пока не входит, хотя через ферросплавы механизм уже затрагивает марганцевые и хромовые цепочки. Отвечая на исходный вопрос – когда именно CBAM подталкивает к переработке, а когда нет: уже сейчас – через ферросплавы марганца и хрома; при расширении охвата механизма – для вольфрама и молибдена; в торговле с Китаем прямого давления нет. Именно в нем заложено стратегическое преимущество. И чем шире расходится углеродное регулирование, тем это преимущество ощутимее.

Если смотреть сквозь гибридную оптику – экономико-стратегическую и институциональную разом, – становится заметно следующее: низкоуглеродная переработка техногенного сырья не сводится к перестройке цепочек стоимости. Это еще и способ снять часть экологических рисков и усилить переговорные позиции региона. Чтобы потенциал заработал, нужны две вещи: своевременные инвестиции и система углеродного учета, сопоставимая с требованиями внешних рынков. В такой рамке CBAM – не столько прямое давление, сколько ранний сигнал, задающий курс на низкоуглеродную перестройку переработки.

Подход согласуется с логикой устойчивого развития. Он отвечает задачам более рационального обращения с отходами и сокращения их образования (ЦУР 12) и работает на устойчивую, технологически обновленную промышленную базу (ЦУР 9) [23]. В итоге низкоуглеродная переработка техногенного сырья оказывается точкой, где сходятся экономические, экологические и стратегические интересы региона.

Литература
1. Архипкин О. Техногенные минеральные образования Центральной Азии: подходы к развитию вторичной ресурсной базы критических минералов : доклад на Первом форуме аналитических центров «Центральная Азия – Великобритания» (Ташкент, 14 сентября 2026 г.). – Не опубл.
2. Башмаков И.А. Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой экспорт // Вопросы экономики. – 2022. – № 1. – С. 90–109. – DOI: 10.32609/0042-8736-2022-1-90-109.
3. Невская А., Баронина Ю. Трансграничное углеродное регулирование: новый контекст отношений России и ЕС // Современная Европа. – 2021. – № 6. – С. 63–74. – URL: http://www.sov-europe.ru/2021-6/transgranichnoe-uglerodnoe-regulirovanie-novyj-kontekst-otnoshenij-rossii-i-es.html (дата обращения: 30.08.2026).
4. Порфирьев Б.Н. Декарбонизация versus адаптация экономики к климатическим изменениям в стратегии устойчивого развития // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 4. – С. 45–54. – URL: https://ecfor.ru/publication/dekarbonizatsiya-ili-adaptatsiya-k-klimaticheskim-izmeneniyam/ (дата обращения: 30.08.2026).
5. Порфирьев Б.Н., Широв А.А., Колпаков А.Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // Мировая экономика и международные отношения. – 2020. – Т. 64, № 9. – С. 15–25. – URL: https://www.imemo.ru/publications/periodical/meimo/archive/2020/9-t-64/world-energy-after-the-pandemic/low-carbon-development-strategy-prospects-for-the-russian-economy (дата обращения: 28.08.2026).
6. Худояров С.Р., Якубов М.М., Пирматов Р.Х., Валиев Х.Р. Техногенные ресурсы черной металлургии и их комплексная переработка в условиях АО «Узметкомбинат» // Черные металлы. – 2022. – № 2. – DOI: 10.17580/chm.2022.02.12. – URL: https://www.rudmet.ru/journal/2092/article/34958/ (дата обращения: 30.08.2026).
7. Шамсутдинова Ж. Ферросплавы уходят на Восток: кто платит больше всего. Инфографика // LSM.kz. – 2025. – 24 нояб. – URL: https://lsm.kz/eksport-ferrosplavov-v-2020-2025 (дата обращения: 04.10.2026).
8. Юшина Т.И., Петров И.М., Черный С.А., Петрова А.И. Технологии переработки руд редкоземельных металлов при освоении новых месторождений // Обогащение руд. – 2020. – № 6. – DOI: 10.17580/or.2020.06.08. – URL: https://www.rudmet.ru/journal/1977/article/33309/ (дата обращения: 30.09.2026).
9. Alipuly M., Rysbekov K., Begentayev M., Lee J., Azat S. Mine waste and its recycling in Kazakhstan // Energy & Environment. – 2026. – DOI: 10.1177/0958305X261425530.
10. Batkal A., Azhigulova R., Zhussupova A., Mussapyrova L., Imanbayev Y., Muktaly D. Study of Bioleaching Processes of Technogenic Waste from Mining and Metallurgical Enterprises of Kazakhstan // Metals. – 2026. – Vol. 16, № 6. – Art. 614. – DOI: 10.3390/met16060614.
11. Cao S. Central Asia's tungsten test: Can Kazakhstan, Uzbekistan redraw US-China critical minerals map? // Fastmarkets. – 2026. – URL: https://www.fastmarkets.com/insights/central-asias-tungsten-kazakhstan-uzbekistan-us-china-critical-minerals/ (дата обращения: 28.07.2026).
12. Drobe M., Haubrich F., Gajardo M., Marbler H. Processing Tests, Adjusted Cost Models and the Economies of Reprocessing Copper Mine Tailings in Chile // Metals. – 2021. – Vol. 11, № 1. – Art. 103. – DOI: 10.3390/met11010103.
13. International Energy Agency. Recycling of Critical Minerals. – Paris: IEA, 2024. – URL: https://www.iea.org/reports/recycling-of-critical-minerals (дата обращения: 27.07.2026).
14. International Energy Agency. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. – Paris: IEA, 2021. – URL: https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions (дата обращения: 27.07.2026).
15. Kazakhstan as a Minerals Investment Hub: Unlocking Potential through the AIFC. – Astana: Astana International Financial Centre, 2025. – URL: https://aifc.kz/wp-content/uploads/2025/09/mining-report-aifc-2025-eng.pdf (дата обращения: 30.09.2026).
16. Kim Y., Ivatova L., Kang S., Ordabek Y. Central Asia as New Battle Grounds: Critical Mineral Strategies of Kazakhstan and Uzbekistan // Journal of Eurasian Studies. – 2026. – Vol. 17, № 2. – P. 379–394. – DOI: 10.1177/18793665261442863.
17. Mansell G. Understand your copper emissions // CarbonChain. – 2023. – URL: https://www.carbonchain.com/blog/understand-your-copper-emissions (дата обращения: 30.09.2026).
18. OECD. Regional Note on Critical Minerals in Central Asia. – Paris: OECD, 2026. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/events/2026/04/critical-minerals-forum/oecd-critical-minerals-regional-note-central-asia.pdf (дата обращения: 10.08.2026).
19. Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism // Official Journal of the European Union. – 2023. – L 130. – P. 52–104. – URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj (дата обращения: 10.08.2026).
20. Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials // Official Journal of the European Union. – 2024. – L 2024/1252. – URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj (дата обращения: 30.09.2026).
21. Regulation (EU) 2025/2083 of the European Parliament and of the Council of 8 October 2025 amending Regulation (EU) 2023/956 as regards simplifying and strengthening the carbon border adjustment mechanism // Official Journal of the European Union. – 2025. – L 2025/2083. – URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/2083/oj (дата обращения: 30.09.2026).
22. Safarmamadov T. Central Asia's Emerging Role in the Global Critical Mineral Supply Chain // ENERPO Journal. – 2026. – URL: https://enerpojournal.eusp.org/2026/02/central-asias-emerging-role-in-the-global-critical-mineral-supply-chain/ (дата обращения: 28.09.2026).
23. The Sustainable Development Goals Report 2024 / United Nations. – New York: UN, 2024. – URL: https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/ (дата обращения: 30.09.2026).
24. Torrubia J., Parvez A.M., Sajjad M., García Paz F.A., van den Boogaart K.G. Recovery of copper from electronic waste: An energy transition approach to decarbonise the industry // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 485. – Art. 144349. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.144349.
25. Vakulchuk R., Overland I. Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition // One Earth. – 2021. – Vol. 4, № 12. – P. 1678–1692. – DOI: 10.1016/j.oneear.2021.11.012.
26. van Heusden R., Sandström J., Chau S., Puleo M. The answer to the aluminium industry's emissions issue? Aluminium's infinite recyclability // World Economic Forum. – 2021. – 9 Dec. – URL: https://www.weforum.org/stories/2021/12/aluminium-emissions-recycling-circular-economy/ (дата обращения: 30.09.2026).
27. Wei W., Samuelsson C., Tilliander A., Gyllenram R., Jönsson P.G. Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions of High-Carbon Ferrochrome Production // JOM. – 2023. – Vol. 75, № 4. – P. 1206–1220. – DOI: 10.1007/s11837-023-05707-8.

Secondary (technogenic) resource base of central Asia's critical minerals under carbon regulation: cbam as a driver of low-carbon processing

Mashina A.D.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The paper proposes a conceptual framework linking the formation of a secondary (technogenic) resource base of Central Asia's critical minerals with the logic of the EU's carbon border adjustment mechanism (CBAM). It is shown that critical minerals (lithium, rare earth elements, tungsten, antimony, copper) are currently outside CBAM's product scope, yet the products of their processing (primarily metals) are already partly affected, and the trajectory of regulatory expansion makes the carbon intensity of processing a significant competitiveness factor in the medium term. It is argued that processing of technogenic feedstock (tailings, beneficiation waste, secondary scrap) delivers a substantially lower carbon footprint than primary mining and thus forms a strategic window for localizing low-carbon processing in the region. A hybrid analytical approach is proposed, combining an economic-strategic perspective (value-chain upgrading, investment window) and an institutional one (alignment of carbon-accounting standards, risks of asymmetric dependence). Directions for industrial and foreign economic policy are formulated.

Keywords: critical minerals, secondary resources, technogenic feedstock, carbon regulation, CBAM, Central Asia, low-carbon processing, value chains.

References

1. Arkhipkin O. Technogenic Mineral Formations of Central Asia: Approaches to Developing the Secondary Resource Base of Critical Minerals. Report at the First Central Asia–UK Think Tank Forum (Tashkent, 14 September 2026). Unpublished.
2. Bashmakov I.A. Uglerodnoe regulirovanie v ES i rossiiskii syr'evoi eksport [EU carbon regulation and Russian commodity exports]. Voprosy Ekonomiki, 2022, no. 1, pp. 90–109. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-1-90-109.
3. Nevskaya A., Baronina Yu. Transgranichnoe uglerodnoe regulirovanie: novyi kontekst otnoshenii Rossii i ES [Cross-border carbon regulation: a new context of Russia–EU relations]. Sovremennaya Evropa, 2021, no. 6, pp. 63–74. Available at: http://www.sov-europe.ru/2021-6/transgranichnoe-uglerodnoe-regulirovanie-novyj-kontekst-otnoshenij-rossii-i-es.html (accessed 30.08.2026).
4. Porfir'ev B.N. Dekarbonizatsiya versus adaptatsiya ekonomiki k klimaticheskim izmeneniyam v strategii ustoichivogo razvitiya [Decarbonization versus adaptation of the economy to climate change in the sustainable development strategy]. Problemy Prognozirovaniya, 2022, no. 4, pp. 45–54. Available at: https://ecfor.ru/publication/dekarbonizatsiya-ili-adaptatsiya-k-klimaticheskim-izmeneniyam/ (accessed 30.08.2026).
5. Porfir'ev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Yu. Strategiya nizkouglerodnogo razvitiya: perspektivy dlya ekonomiki Rossii [Low-carbon development strategy: prospects for the Russian economy]. Mirovaya Ekonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniya, 2020, vol. 64, no. 9, pp. 15–25. Available at: https://www.imemo.ru/publications/periodical/meimo/archive/2020/9-t-64/world-energy-after-the-pandemic/low-carbon-development-strategy-prospects-for-the-russian-economy (accessed 28.08.2026).
6. Khudoyarov S.R., Yakubov M.M., Pirmatov R.Kh., Valiev Kh.R. Tekhnogennye resursy chernoi metallurgii i ikh kompleksnaya pererabotka v usloviyakh AO «Uzmetkombinat» [Technogenic resources of ferrous metallurgy and their integrated processing at Uzmetkombinat JSC]. Chernye Metally, 2022, no. 2. DOI: 10.17580/chm.2022.02.12. Available at: https://www.rudmet.ru/journal/2092/article/34958/ (accessed 30.08.2026).
7. Shamsutdinova Zh. Ferrosplavy ukhodyat na Vostok: kto platit bol'she vsego. Infografika [Ferroalloys heading East: who pays the most. Infographic]. LSM.kz, 24 November 2025. Available at: https://lsm.kz/eksport-ferrosplavov-v-2020-2025 (accessed 04.10.2026).

Инфляция и власть в Венесуэле: от нефтяного кризиса к неустойчивой стабилизации

Сергеева Александра Андреевна
студентка, «Международный бизнес», Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, alexa.1589@mail.ru

В статье рассматривается инфляционный кризис в Венесуэле 2013–2025 гг. во взаимосвязи с нефтяной зависимостью и экономической политикой государства. Проводится анализ динамики инфляции, нефтедобычи и бюджетного баланса, а также валютного регулирования и долларизации. В результате выделены основные этапы кризиса и определены институциональные ограничения, обусловившие неустойчивость последующей макроэкономической стабилизации.

Ключевые слова: Венесуэла, инфляция, гиперинфляция, нефтяная рента, PDVSA, долларизация, политическая экономия.

Введение

В научной литературе венесуэльский инфляционный кризис связывают с сочетанием внешнего нефтяного шока и решений в области валютного регулирования, государственных финансов и денежной политики; отдельно рассматривается влияние санкций [1; 2; 5; 6]. Каждое из этих объяснений отражает отдельную сторону кризиса, однако ни одно из них само по себе не позволяет понять, почему экономические проблемы приобрели столь продолжительный характер. Для этого необходимо учитывать политико-экономическую роль нефтяной ренты: она обеспечивала бюджетные поступления, за её счёт финансировались социальные программы и импорт, а также поддерживалась сложившаяся система отношений между государством и обществом.

Цель статьи состоит в выявлении взаимосвязи между решениями в сфере распределения нефтяных доходов, проводимой макроэкономической политикой и развитием инфляционного кризиса. Основной исследовательский вопрос заключается в том, почему сокращение нефтяной выручки привело не только к падению производства и бюджетному дефициту, но и к переходу от высокой инфляции к гиперинфляции, а последующее замедление роста цен не обеспечило устойчивой стабилизации. Рабочее предположение состоит в том, что нефтяная зависимость сформировала общую уязвимость экономики, тогда как непосредственный механизм инфляции менялся по мере углубления кризиса.

Основной период исследования охватывает 2013–2025 гг. Нижняя граница соответствует смене политического руководства после смерти Уго Чавеса и позволяет сопоставить состояние экономики до и после резкого снижения мировых цен на нефть во второй половине 2014 г. Верхняя граница определяется последним завершённым годом, за который доступны сопоставимые годовые показатели Международного валютного фонда и Организации стран — экспортёров нефти. События 1999–2012 гг. рассматриваются как предыстория формирования модели управления нефтяными доходами, унаследованной правительством Николаса Мадуро.

В исследовании применяются проблемно-хронологический и сравнительный методы, а также анализ динамики макроэкономических показателей. Сопоставляются четыре годовых показателя: среднегодовая инфляция, изменение реального валового внутреннего продукта, добыча сырой нефти и баланс сектора государственного управления. Такое сочетание позволяет проследить связь между сокращением нефтяной производственной базы, ухудшением состояния государственных финансов, падением выпуска и изменением темпов роста цен.

Информационную основу исследования составляют данные International Monetary Fund World Economic Outlook за апрель 2026 г. [8] и ежегодные статистические бюллетени ОПЕК [9]. Инфляция определяется как изменение среднего уровня потребительских цен по сравнению со средним уровнем предыдущего года. Добыча сырой нефти представлена среднегодовым объёмом производства в тысячах баррелей в сутки. Баланс сектора государственного управления отражает разницу между его доходами и расходами в процентах от ВВП: отрицательное значение означает превышение расходов над доходами.

При интерпретации показателей необходимо учитывать ограничения венесуэльской статистики. В базе World Economic Outlook часть значений за поздние годы, прежде всего данные о реальном ВВП и состоянии государственных финансов, представляет собой оценки сотрудников Международного валютного фонда, так как публикация национальной статистики в отдельные периоды была неполной и нерегулярной. Поэтому количественные данные используются для определения общего направления и масштаба изменений, а не для точной оценки последствий каждого отдельного политического решения. Полученные результаты сопоставляются с выводами российских исследований [1; 2].

В исследовании сначала рассматривается формирование нефтяной модели при Уго Чавесе и изменение роли государственной компании PDVSA. Затем анализируются решения правительства Николаса Мадуро после сокращения нефтяных доходов, переход от валютного дефицита к гиперинфляции и последующее распространение долларовых расчётов. Это позволяет выделить три этапа кризиса: ускорение инфляции в 2013–2017 гг., гиперинфляцию в 2018–2021 гг. и неустойчивую стабилизацию в 2022–2025 гг.

Уго Чавес пришёл к власти в 1999 г. на фоне снижения доверия к традиционным политическим партиям и значительного социального неравенства. Предложенная им Боливарианская революция предполагала более активное участие государства в экономике и перераспределение нефтяных доходов в пользу широких слоёв населения. В период высоких мировых цен на нефть государство заметно увеличило расходы на здравоохранение, образование, жилищные программы и продовольственные субсидии. Эти меры расширили доступ части населения к социальным услугам, но одновременно усилили зависимость государственных обязательств от нефтяной конъюнктуры [1; 3; 5].

Центральное место в этой системе занимала Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) — государственная нефтегазовая компания, обеспечивавшая основ-

ную часть добычи и экспортной выручки страны. После политического кризиса 2002 г. и забастовки сотрудников PDVSA правительство усилило контроль над компанией, а значительная часть её кадрового состава была заменена [3; 5]. Эти события имели не только политические, но и экономические последствия: самостоятельность руководства компании сократилась, а её деятельность стала в большей степени определяться текущими задачами правительства.

В дальнейшем на PDVSA возлагались функции, выходившие за рамки добычи и экспорта нефти. Через компанию финансировались социальные программы и специальные фонды, а часть государственных расходов осуществлялась вне обычных бюджетных процедур. Такой порядок позволял быстрее направлять средства на политически значимые проекты, однако делал отношения между государством и нефтяной компанией менее прозрачными [1; 3; 4].

Введённый в 2003 г. валютный контроль также имел двойственный эффект: официальный курс поддерживал более дешёвый импорт, но административное распределение иностранной валюты формировало различия в доступе предприятий к внешним расчётам.

В период высоких нефтяных цен возникавшие дисбалансы частично компенсировались экспортной выручкой. Государство могло одновременно наращивать расходы, поддерживать регулируемый валютный курс и финансировать импорт. В результате бюджет, внутреннее потребление и устойчивость национальной валюты всё сильнее зависели от одного источника доходов [3; 4].

После смерти Уго Чавеса в 2013 г. правительство Николаса Мадуро унаследовало значительные социальные обязательства, систему валютных ограничений и нефтяную компанию, на которую были возложены как производственные, так и бюджетные функции. Политико-экономическая модель оставалась устойчивой при высокой экспортной выручке, но её возможности резко сократились после ухудшения внешней нефтяной конъюнктуры [1; 2].

Падение мировых цен на нефть в 2014 г. резко сократило валютные поступления и поставило правительство Николаса Мадуро перед необходимостью пересматривать прежнюю экономическую политику. С точки зрения макроэкономики требовалось сократить государственные расходы, скорректировать официальный курс боливара и ограничить систему субсидий. Однако для властей такие решения были политически рискованными: они означали бы снижение реальных доходов населения, удорожание импортных товаров и потерю преимуществ компаниями, получавшими доллары по льготному курсу. Поэтому правительство не решилось на быструю корректировку: оно сохранило значительную часть ценовых и валютных ограничений, сократило импорт и стало активнее использовать кредиты центрального банка для покрытия расходов. На некоторое время это позволило избежать резкого отказа от социальных обязательств, но не решило проблему, а лишь отложило её. Дефицит товаров усиливался, разрыв между официальным и неофициальным курсами увеличивался, а вместе с ним росла и денежная масса **[1; 2]**.

Возможности для проведения последовательных реформ дополнительно уменьшились после парламентских выборов 2015 г., на которых оппозиция получила большинство в Национальной ассамблее. Экономические решения всё чаще становились частью политического противостояния между парламентом и исполнительной властью: вместо согласования бюджета и программы выхода из кризиса стороны спорили о полномочиях государственных институтов и законности принимаемых решений. Создание в 2017 г. Учредительного собрания позволило правительству Мадуро принимать ключевые решения без полноценного участия оппозиционного парламента [5]. В результате экономическая политика стала ещё менее прозрачной: порядок утверждения государственных расходов, управление PDVSA и предоставление кредитов центрального банка фактически оказались сосредоточены в руках исполнительной власти.

Снижение цен на нефть совпало с сокращением добычи. По данным ОПЕК, в 2013 г. Венесуэла производила в среднем около 2,79 млн баррелей сырой нефти в сутки, в 2017 г. — около 2,03 млн, а в 2020 г. — около 0,57 млн баррелей в сутки [9]. Сокращение началось до введения наиболее жёстких американских ограничений против нефтяного сектора в 2019 г., поэтому его нельзя объяснить исключительно санкционным фактором. Вместе с тем последующие ограничения на финансирование, расчёты, поставки оборудования и работу с PDVSA дополнительно осложнили восстановление отрасли и доступ к внешним рынкам [6; 7].

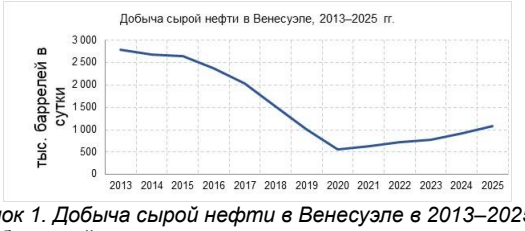


Рисунок 1. Добыча сырой нефти в Венесуэле в 2013–2025 гг., тыс. баррелей в сутки
Источник: составлено автором по данным OPEC Annual Statistical Bulletin за 2016, 2021 и 2026 гг. [9].

Сокращение нефтяной выручки непосредственно отразилось на государственных финансах. По данным Международного валютного фонда, дефицит сектора государственного управления составлял 10,4% ВВП в 2013 г., 13,3% в 2017 г., а в 2018 г., по оценке фонда, достиг 31% ВВП **[8]**. Часть расходов при этом финансировалась через механизмы, связанные с PDVSA и центральным банком. Таким образом, состояние нефтяного сектора, социальные обязательства государства и рост денежного финансирования оказались тесно взаимосвязаны.

Таблица 1
Основные макроэкономические показатели Венесуэлы в отдельные годы

Год	Инфляция, %	Рост реального ВВП, %	Добыча нефти, тыс. барр./сут.	**Баланс гос. сектора, % ВВП**
2013	**40,6**	1,3	2 789,5	-10,4
2014	**62,2**	-3,9	2 682,6	-9,8
2017	**438,1**	-15,7	2 034,8	-13,3
2018	**65 374,1**	**-19,7**	1 510,2	-31,0
2020	**2 355,1**	-30,0	568,6	-6,6
2022	**186,5**	8,0	720,0	-5,3
2024	**49,4**	5,3	920,0	-3,7
2025	**252,0**	1,5	1 080,0	-5,8

Источник: составлено автором по данным International Monetary Fund World Economic Outlook Database, April 2026 [8], и OPEC Annual Statistical Bulletin за 2016, 2021 и 2026 гг. [9]. Значения ряда показателей за поздние годы являются оценками Международного валютного фонда.

В 2013–2017 гг. среднегодовая инфляция ускорилась с 40,6 до 438,1% [8]. На первом этапе важной причиной роста цен стал валютный дефицит: предприятия не всегда могли приобрести необходимый объём иностранной валюты по официальному курсу и ориентировались на альтернативные курсовые значения при оценке импортных затрат. Соответственно, ослабление боливара повышало издержки импортёров и через цены импортируемых товаров распространялось на внутренний рынок. Исследования венесуэльской социально-экономической модели указывают на сочетание валютных ограничений, падения нефтяной выручки и внутренних дисбалансов как на взаимосвязанные элементы кризиса [1; 2].

В 2018–2021 гг. механизм инфляции изменился по масштабу и интенсивности. Рост бюджетного дефицита сопровождался расширением денежного финансирования, а падение доверия к национальной валюте увеличивало скорость её обращения. В таких условиях выпуск новых боливаров быстрее переносился в цены. Научные исследования, посвящённые динамике венесуэльской экономики, связывают гиперинфляцию с совокупностью факторов, включая бюджетную несбалансированность, сокращение нефтяных доходов, валютные диспропорции и денежную эмиссию [1; 2].

В 2018 г. среднегодовая инфляция, по данным Международного валютного фонда, достигла приблизительно 65,4 тыс.%, а реальный ВВП сократился на 19,7% [8]. В 2019–2020 гг. экономический спад продолжался, а рост цен оставался чрезвычайно высоким. Домохозяйства и предприятия стремились сократить хранение сбережений и оборотных средств в боливарах, что дополнительно ослабляло спрос на национальную валюту. Нефтяной шок сформировал значительную часть бюджетного разрыва, а способ его финансирования усилил инфляционную динамику.



Рисунок 2. Среднегодовая инфляция в Венесуэле в 2013–2025 гг., %
Источник: составлено автором по данным International Monetary Fund World Economic Outlook Database, April 2026 [8].

С 2019 г. экономическая политика постепенно стала более гибкой. Власти ослабили часть ценовых и валютных ограничений, допустили широкое использование иностранной валюты в повседневных расчётах и сократили прямое денежное финансирование части расходов. Формально боливар сохранял статус национальной валюты, однако доллар США всё чаще использовался как средство расчёта, ценообразования и сбережения. Исследователи характеризуют этот процесс как элемент частичной либерализации экономики, способствовавший восстановлению отдельных сегментов торговли и услуг [1; 2].

Неформальная долларизация предоставила частному сектору более устойчивую единицу расчёта, однако её социальные последствия были неоднородными. Домохозяйства и работники, имевшие доступ к валютным доходам, получили дополнительные возможности для сохранения покупательной способности, тогда как доходы части бюджетного сектора и социальных получателей продолжали формироваться преимущественно в боливарах. Поэтому улучшение условий для предпринимательской деятельности не означало пропорционального восстановления реальных доходов всех групп населения [1].

Первые признаки смягчения кризиса появились после 2020 г. Среднегодовая инфляция снизилась с 2355,1% в 2020 г. до 1588,5% в 2021 г. и 186,5% в 2022 г. Одновременно в 2022 г. реальный ВВП вырос на 8%, а нефтедобыча начала постепенно восстанавливаться [8; 9]. Восстановление нефтедобычи способствовало росту валютных поступлений и несколько улучшило состояние государственных финансов, что позволило сократить денежное финансирование бюджетного дефицита. Одновременно расширение импорта и предложения товаров способствовало замедлению роста цен. Тем не менее инфляция в 186,5% означала, что средний уровень цен за год вырос почти втрое, поэтому говорить о ценовой стабильности было рано. Венесуэла вышла из наиболее острой фазы гиперинфляции, но ещё не преодолела её основные причины.

События следующих лет подтвердили непрочность достигнутого результата. В 2023 г. среднегодовая инфляция вновь ускорилась до 337,5%, в 2024 г. снизилась до 49,4%, а в 2025 г., по оценке World Economic Outlook, снова выросла примерно до 252% [8]. При этом добыча нефти продолжала увеличиваться и к 2025 г. достигла около 1,08 млн баррелей в сутки [9].

Расхождение между восстановлением нефтяного производства и новой волной роста цен имеет принципиальное значение: увеличение экспортной выручки само по себе не вернуло доверие к боливару и не обеспечило бюджетную устойчивость. Пока ограничение денежного финансирования зависело преимущественно от текущих решений властей, а не от устойчивых правил, стабилизация оставалась уязвимой перед новым сокращением валютных поступлений или ростом государственных расходов.

В более широком смысле этот вывод соответствует подходу Дарона Аджемоглу и Джеймса Робинсона, которые связывают долгосрочные результаты экономического развития не столько с наличием природных ресурсов, сколько с качеством политических и экономических институтов [10]. Опыт Венесуэлы показывает, что восстановление нефтяных доходов не приводит автоматически к устойчивой стабилизации, если порядок распределения этих средств, контроль за государственными расходами и отношения между правительством и PDVSA по-прежнему зависят преимущественно от текущих политических решений.

В 2018 г. в Венесуэле прошли президентские выборы, после чего внутренний политический конфликт приобрёл выраженное международное измерение. В 2019 г. США усилили финансовые и нефтяные ограничения в отношении Венесуэлы и PDVSA. Российские исследования подробно рассматривают влияние этих мер на нефтедобычу, внешние расчёты, логистику и доступ к технологиям [6; 7]. Вместе с тем основные признаки рецессии, инфляционного ускорения и снижения добычи сформировались до наиболее жёсткого этапа санкционного режима. Поэтому санкции целесообразно рассматривать как фактор, усугубивший уже существовавшие внутренние дисбалансы, а не как единственное объяснение кризиса.

Санкционный фактор оказал особенно заметное влияние на возможности привлечения внешнего финансирования, обслуживание нефтяной инфраструктуры и выбор экспортных направлений. Одновременно отдельные лицензии и исключения из санкционного режима в последующие годы позволяли частично восстанавливать операции с иностранными компаниями и наращивать нефтяное производство [6; 7]. Это подтверждает зависимость краткосрочной макроэкономической динамики Венесуэлы как от внутренних институтов и экономической политики, так и от условий доступа к международным рынкам.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что инфляционный кризис в Венесуэле сформировался под воздействием взаимосвязанных внешних и внутренних факторов. В период высоких нефтяных цен расширение социальных программ и перераспределение нефтяной ренты поддерживали внутренний спрос, но одновременно усиливали зависимость бюджета от нефтяной компании и экспортной конъюнктуры. Рост нефинансовых обязательств PDVSA, валютное регулирование и недостаточная диверсификация экономики повысили уязвимость системы к снижению нефтяных доходов [1; 3; 4].

После 2014 г. сокращение экспортной выручки совпало с сохранением значительных государственных обязательств и ограниченным пространством для бюджетной корректировки. В 2013–2017 гг. ускорение инфляции происходило на фоне валютного дефицита, девальвации боливара и сокращения импорта. На следующем этапе бюджетная несбалансированность и расширение денежного финансирования стали ключевыми элементами перехода к гиперинфляции. Внешние санкции дополнительно ограничили доступ нефтяного сектора к финансированию, технологиям и рынкам, однако основные внутренние дисбалансы возникли ранее [1; 6; 7].

Либерализация части валютных и ценовых ограничений, распространение расчётов в долларах и восстановление нефтедобычи позволили снизить инфляцию относительно пиковых значений. Вместе с тем динамика 2023–2025 гг. показывает, что стабилизация остаётся неустойчивой. Долгосрочное снижение инфляционных рисков связано не только с объёмом нефтяных доходов, но и с качеством бюджетных институтов, прозрачностью отношений государства и PDVSA, предсказуемостью валютной политики и условиями для частных и иностранных инвестиций.

Литература

1. Чуйкова А. М. Социально-экономическая модель Венесуэлы в условиях новой реальности // Латинская Америка. 2022. № 8. С. 22–41. DOI: 10.31857/S0044748X0021213-3.
2. Шинкаренко А. А. Венесуэла в поисках выхода из системного кризиса // Латинская Америка. 2020. № 1. С. 97–107. DOI: 10.31857/S0044748X0007763-8.
3. Жуков С. В., Резникова О. Б. Венесуэла на мировом рынке нефти // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 10. С. 80–90. DOI: 10.20542/0131-2227-2018-62-10-80-90.
4. Чадаева Э. А., Охеда Кальюни Э. Влияние изменений экономических нагрузок на деятельность иностранных нефтегазовых компаний в Венесуэле // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2021. Т. 29. № 2. С. 312–323. DOI: 10.22363/2313-2329-2021-29-2-312-323.
5. Яковлев П. П. Венесуэла: кризис эпохи конфликтной многополярности // Перспективы. Электронный журнал. 2019. № 1 (17). С. 38–52. DOI: 10.32726/2411-3417-2019-1-38-52.
6. Мастепанов А. М., Сумин А. А., Чигарев Б. Н. Венесуэла под сводом санкций: разрушенная, но не сломленная // Энергетическая политика. 2022. № 9. С. 78–87. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_9175_78.
7. Живалов В. Н., Абрамов В. Л. Контрсанкционные меры Ирана и Венесуэлы для преодоления ограничений на экспорт нефтяных ресурсов // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. № 12. С. 75–86. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-12-75-86. URL: https://journal.vavt.ru/rfej/article/view/30 (дата обращения: 16.09.2026).
8. International Monetary Fund. World Economic Outlook Database. April 2026 [Электронный ресурс]. URL: https://data.imf.org/en/Datasets/WEO (дата обращения: 16.09.2026).
9. Organization of the Petroleum Exporting Countries. Annual Statistical Bulletin 2016, 2021, 2026 [Электронный ресурс]. Vienna: OPEC. URL: https://publications.opec.org/asb (дата обращения: 16.09.2026).
10. Acemoglu D., Robinson J. A. Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty. New York: Crown Publishers, 2012. 544 p.

Inflation and power in Venezuela: from the oil crisis to fragile stabilisation

Sergeeva A.A.

Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines Venezuela's inflation crisis in 2013–2025 in connection with oil dependence and government economic policy. It analyses the dynamics of inflation, oil production and the fiscal balance, as well as exchange-rate regulation and dollarisation. The results identify the main stages of the crisis and substantiate the institutional constraints that made subsequent macroeconomic stabilisation fragile.

Keywords: Venezuela, inflation, hyperinflation, oil rent, PDVSA, dollarisation, political economy.

References

1. Chuikova A. M. Venezuela's Socio-Economic Model in the Context of the New Reality // Latin America. 2022. No. 8. P. 22–41. DOI: 10.31857/S0044748X0021213-3.
2. Shinkarenko A. A. Venezuela in Search of a Way Out of the Systemic Crisis // Latin America. 2020. No. 1. P. 97–107. DOI: 10.31857/S0044748X0007763-8.
3. Zhukov S. V., Reznikova O. B. Venezuela in the Global Oil Market // World Economy and International Relations. 2018. Vol. 62. No. 10. P. 80–90. DOI: 10.20542/0131-2227-2018-62-10-80-90.
4. Chadaeva E. A., Ojeda Calyuni E. The Impact of Changes in Economic Burdens on the Operations of Foreign Oil and Gas Companies in Venezuela // RUDN Journal of Economics. 2021. Vol. 29. No. 2. P. 312–323. DOI: 10.22363/2313-2329-2021-29-2-312-323.
5. Yakovlev P. P. Venezuela: A Crisis of the Era of Conflict-Ridden Multipolarity // Perspektivy. Electronic Journal. 2019. No. 1 (17). P. 38–52. DOI: 10.32726/2411-3417-2019-1-38-52.
6. Mastepanov A. M., Sumin A. A., Chigarev B. N. Venezuela Under Sanctions: Devastated but Unbroken // Energy Policy. 2022. No. 9. P. 78–87. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_9175_78.
7. Zhivalov V. N., Abramov V. L. Counter-Sanction Measures by Iran and Venezuela to Overcome Restrictions on Oil Resource Exports // Russian Foreign Economic Bulletin. 2023. No. 12. P. 75–86. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-12-75-86. URL: https://journal.vavt.ru/rfej/article/view/30 (accessed: 16.09.2026).
8. International Monetary Fund. World Economic Outlook Database. April 2026 [Electronic resource]. URL: https://data.imf.org/en/Datasets/WEO (accessed: 16.09.2026).
9. Organization of the Petroleum Exporting Countries. Annual Statistical Bulletin 2016, 2021, 2026 [Electronic resource]. Vienna: OPEC. URL: https://publications.opec.org/asb (accessed: 16.09.2026).

Международная интеграция инновационных экосистем: содержание, предпосылки и механизм

Фу Бинциен
аспирант, Белорусский государственный экономический университет, bingjianfu@gmail.com

Совместные исследования и технологические обмены связывают организации разных стран, однако наличие таких контактов еще не позволяет судить об интеграции инновационных экосистем. Цель статьи — уточнить содержание этого процесса и объяснить взаимодействие его функционального и институционального компонентов. Исследование основано на сравнительном анализе и теоретическом синтезе работ об экосистемах, трансграничных инновационных системах и устойчивости инновационных связей. Предлагается определение интеграции, учитывающее воспроизводимость трансграничных отношений, сочетание взаимосвязанных инновационных функций и согласование условий совместной деятельности. Разработана двухкомпонентная модель: совместная деятельность создает потребность в согласовании правил, а институциональная координация поддерживает ее продолжение. Разграничены функциональная связанность и взаимозависимость. Последняя предполагает взаимную обусловленность функций участников; трудности замены ресурсов и партнеров характеризуют глубину зависимости и возможную уязвимость. Показано, почему устранение барьеров сотрудничества может сопровождаться накоплением уязвимостей. Устойчивость интеграции рассматривается с учетом структуры зависимостей и способности участников адаптироваться к нарушениям связей. Предложенный подход не устанавливает обязательной последовательности стадий и допускает ослабление интеграции. Его результатом является аналитическая основа для сопоставления конкретных случаев, а не эмпирически проверенная шкала глубины интеграции. Обозначены направления дальнейшей проверки модели.

Ключевые слова: международная интеграция, инновационная экосистема, трансграничное сотрудничество, институциональная координация, функциональная связанность, взаимозависимость, устойчивость.

Введение

После завершения международного проекта партнеры могут прекратить сотрудничество либо продолжить совместные разработки, используя созданную инфраструктуру и распределение задач. Для анализа интеграции важно установить, становятся ли эти отношения частью устойчивой организации инновационной деятельности. Один подсчет проектов и объемов обмена этого не показывает.

В исследованиях экосистем Р. Аднер связывает совместное создание ценности с согласованием деятельности партнеров, а М. Якобидес с соавторами объясняют координацию через специфическую взаимодополняемость [1, с. 42–44; 2, с. 2262–2263]. Ф. Каппеллано с соавторами показывают, что трансграничная интеграция избирательна и не следует обязательной линейной траектории [3, с. 1006–1009]. Я. Чжао с соавторами дополняют анализ близости взаимодополняемостью и общими целями участников [4, с. 402–417]. Эти положения задают основу исследования; задача настоящей статьи — связать их с изменением роли трансграничных отношений в выполнении инновационных функций.

Цель статьи — уточнить понятие международной интеграции инновационных экосистем и предложить концептуальную модель взаимодействия ее функционального и институционального компонентов. Авторский вклад состоит в формулировке признаков такого взаимодействия и разграничении его глубины и устойчивости.

Материалы и методы

Использованы сравнительный анализ понятий и теоретический синтез. Литература отобрана по трем направлениям: организация экосистем; интеграция инновационных систем и экосистем; зависимости и устойчивость инновационных связей. Сопоставляются единицы анализа, механизмы координации и трактовки интеграции. Региональные исследования используются с учетом ограничений переноса их выводов на международный уровень. Единицей авторского анализа выступает совокупность трансграничных связей, обеспечивающих взаимосвязанные инновационные функции. Обзор является тематическим, а модель требует последующей эмпирической проверки.

Результаты и обсуждение

1. От сотрудничества к интеграционным связям

Международное инновационное сотрудничество включает совместные исследования, лицензирование и обмен специалистами. Организации могут годами заключать отдельные договоры, не меняя порядка выполнения собственных инновационных задач. Поэтому длительность контактов следует рассматривать вместе с тем, какие функции обеспечиваются благодаря зарубежным партнерам и как согласуется их выполнение.

Таблица 1
Сравнительная характеристика международного инновационного сотрудничества и международной интеграции инновационных экосистем

Критерий	Международное инновационное сотрудничество	Международная интеграция инновационных экосистем
Организационный охват	От двусторонних соглашений до многосторонних сетей	Охват взаимосвязанных функций и субъектов
Устойчивость связей	Возможно разовое или длительное взаимодействие	Воспроизводство связей за пределами отдельного проекта
Содержание и функциональная встроенность	Совместные задачи и обмен ресурсами различной глубины	Устойчивое участие внешних связей в выполнении инновационных функций
Институцио-нальная координация	Может ограничиваться договоренностями непосредственных участников	Предполагает устойчивое согласование правил, процедур и интересов участников
Функциональная взаимозависимость	Не является обязательной характеристикой	Может формироваться по мере углубления интеграционных связей
Системный результат	Получение конкретного результата совместной деятельности	Воспроизводство взаимосвязанных инновационных функций через трансграничные отношения

Примечание — Разграничение носит аналитический характер: сотрудничество может создавать основу для интеграционных связей, однако само по себе еще не свидетельствует об интеграции инновационных экосистем. Источник: разработано автором.

О. В. Рыжкова и В. В. Бородкина рассматривают взаимодействие элементов региональной и национальной инновационных экосистем [5, с. 150–151]. В обзоре Ю. С. Пронузо внимание уделяется взаимодополняемости участников, использованию ресурсов и координации деятельности [6, с. 139–150]. Эти подходы позволяют поставить вопрос о функциональном содержании связей. На международном уровне необходимо дополнительно объяснить, как участники поддерживают совместную работу при различиях правил доступа к ресурсам и использования результатов.

Национальная принадлежность экосистемы указывает на институциональную среду участников. Таблица 1 сопоставляет отдельные договоренности и взаимодействие, обеспечивающее воспроизводство инновационных функций. Признаки оцениваются в совокупности.

Международная интеграция инновационных экосистем определяется как формирование и углубление устойчивых трансграничных связей между субъектами и функциональными элементами экосистем разных стран, через которые воспроизводится выполнение взаимосвязанных инновационных функций и согласуются условия совместной деятельности. Интеграция может затрагивать часть элементов экосистем, сохраняя различия национальных сред. Повторение отдельных сделок само по себе еще не означает такого изменения организации деятельности.

2. Предпосылки интеграции

Потребность во внешних компетенциях создает мотив для сотрудничества. Однако дефицит ресурса еще не означает способности использовать предложение зарубежного партнера. Необходимы собственные компетенции для освоения технологии, финансирование и приемлемые условия доступа. Т. А. Гилева связывает нарушения инновационного процесса, в частности, с асимметрией технологических и управленческих возможностей участников [7, с. 176]. Поэтому различия потенциалов могут создавать взаимодополняемость и одновременно затруднять ее реализацию.

Институциональные предпосылки включают возможность заключать и исполнять соглашения, распределять права на результаты и согласовывать требования к их использованию. В международном взаимодействии важны как правила национальных юрисдикций, так и договоренности организаций. Совпадение общих целей не устраняет необходимости определить доступ к данным, оборудованию и результатам исследований.

Инфраструктура делает обмен практически осуществимым: требуются цифровые каналы, лаборатории, финансовые сервисы, перевозка оборудования и опытных образцов. Исследование Д. Ду и С. Цзянь рассматривает сочетания субъектов, ресурсов и среды, поддерживающие устойчивость региональных цифровых экосистем [8, с. 60–71]. В международном анализе это служит основанием рассматривать предпосылки совместно, не приравнивая наличие инфраструктуры к уже состоявшейся интеграции.

3. Двухкомпонентный механизм

Совместная разработка требует распределить работу и согласовать условия ее выполнения. В модели эти задачи относятся соответственно к функциональному и институциональному компонентам. Первый охватывает движение ресурсов и выполнение инновационных функций; второй — договоренности о доступе, ответственности и использовании результатов. Их взаимодействие показано на рисунке 1.

Рассмотрим условный пример разработки технологии университетом и зарубежным предприятием. Университету необходимы производственные испытания, предприятию — доработка решения с учетом полученных данных. Передача первого образца еще не обеспечивает продолжения работы. Участникам предстоит определить, какие результаты испытаний получат исследователи, кто оплатит изменения и кому будут принадлежать права на доработанную технологию.

Если эти вопросы остаются открытыми, технически возможное сотрудничество может остановиться. Согласованные условия позволяют перейти к следующему циклу разработки. Новые задачи, не предусмотренные первоначальным договором, требуют уточнения договоренностей. Так совместная работа создает запрос на координацию, а принятые решения влияют на ее продолжение. Интеграционное значение имеет закрепление такого порядка выполнения взаимосвязанных функций за пределами первоначального проекта.

Унификация национального регулирования не обязательна. Часть вопросов решается соглашениями организаций, другие требуют совместимости правил юрисдикций. Договоренность об обмене данными, например, действует лишь в пределах разрешенного доступа.

На этом основании различаются функциональная связанность и взаимозависимость. Связанность обеспечивает устойчивый доступ к внешним ресурсам и возможность совместной работы. Взаимозависимость возникает, когда функции участников взаимно обусловлены: доработка требует данных предприятия, а продолжение испытаний — исследовательских результатов университета. Возможности партнеров влиять друг на друга могут быть неравными. Высокие издержки замены одного из них показывают глубину зависимости и возможную уязвимость, но еще не доказывают ее взаимного характера.

Для проверки модели следует установить, какие совместные функции сохраняются после завершения проекта и какие договоренности поддерживают их выполнение. Сопоставление действующих связей с формальными соглашениями без совместной работы позволит уточнить признаки интеграции.

4. Барьеры, уязвимости и риски

Ограничения интеграции различаются по тому, на какую сторону взаимодействия они воздействуют. Барьеры затрудняют организацию совместной деятельности; уязвимости характеризуют чувствительность связей к нарушениям; риски связаны с возможными неблагоприятными событиями и потерями. Разграничение необходимо для выбора мер: устранение препятствия для обмена не всегда уменьшает последствия прекращения доступа.



Рис. 1. Концептуальная модель механизма международной интеграции инновационных экосистем
Примечание — Пунктирная стрелка обозначает пересмотр функциональных связей и условий координации в ответ на выявленные уязвимости. Направление стрелок не задает обязательной последовательности стадий интеграции.
Источник: составлено автором.

Например, различия требований к передаче исследовательских данных могут мешать запуску совместной работы. После согласования процедур этот барьер ослабевает. Однако если необходимые данные накапливаются на единственной платформе и недоступны из других источников, деятельность становится уязвимой к прекращению доступа. Риск связан с возможной остановкой исследований и потерями. Улучшение условий сотрудничества и повышение устойчивости его результатов поэтому требуют разных решений.

Международное взаимодействие зависит и от изменения государственной политики. Тань с соавторами рассматривают переоценку технологической взаимозависимости и стремление Китая к самостоятельности под воздействием внешних событий [9]. Для предлагаемой модели существенно, что организации лишь частично контролируют институциональную среду. Изменение условий доступа способно нарушить распределение функций даже при сохранении взаимной заинтересованности партнеров.

В. Ван с соавторами выявляют нелинейную зависимость устойчивости региональных инновационных экосистем от структуры сообществ [10, с. 114–123]. Переносить этот результат непосредственно на международную интеграцию нельзя. Однако он дает основание проверять, при каких условиях тесные связи поддерживают совместную деятельность, а при каких ограничивают возможности ее перестройки.

При оценке устойчивости необходимо учитывать сроки замены партнера, альтернативные ресурсы и концентрацию критических функций. Резервные связи требуют затрат и могут уступать основным по качеству. Обратная связь на рисунке 1 отражает выбор между сохранением, перестройкой и сокращением взаимодействия.

Заключение

Международная интеграция инновационных экосистем в предложенной трактовке предполагает воспроизводство взаимосвязанных функций через трансграничные отношения. Для ее выявления необходимо установить, какие задачи участники выполняют совместно и на каких условиях продолжается работа.

Двухкомпонентная модель связывает развитие совместной деятельности с решением вопросов доступа, ответственности и распределения результатов. Углубление связей не гарантирует устойчивости: последствия нарушения зависят от структуры зависимостей и возможностей замены.

Эмпирическая проверка должна уточнить границу между сотрудничеством и интеграцией через сопоставление конкретных случаев. В исследовании инициативы «Цифровой Шёлковый путь» модель позволит оценивать влияние цифровой и транспортно-логистической инфраструктуры на совместные инновационные функции участников Евразии.

Литература

1. Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy // Journal of Management. 2017. Vol. 43. No. 1. P. 39–58. DOI: 10.1177/0149206316678451.
2. Jacobides M. G., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems // Strategic Management Journal. 2018. Vol. 39. No. 8. P. 2255–2276. DOI: 10.1002/smj.2904.

3. Cappellano F., Sohn C., Makkonen T., Kaisto V. Bringing borders back into cross-border regional innovation systems: Functions and dynamics // Environment and Planning A: Economy and Space. 2022. Vol. 54. No. 5. P. 1005–1021. DOI: 10.1177/0308518X221073987.
4. Zhao Y., Lyu L., Grimes S. An Analytical Framework for Cross-border Regional Innovation Ecosystems: The Case of Shenzhen–Hong Kong Cross-border Region // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. 2024. Vol. 115. No. 3. P. 402–417. DOI: 10.1111/tesg.12617.
5. Рыжкова О. В., Бородкина В. В. Обоснование показателей для оценки интеграции региональной и национальной инновационных экосистем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 1. С. 146–153. DOI: 10.18721/JE.11113.
6. Пронузо Ю. С. Генезис региональных инновационных экосистем: обзор и современная трактовка // Экономическая наука современной России. 2024. № 2 (105). С. 139–150. DOI: 10.33293/1609-1442-2024-2(105)-139-150.
7. Гилева Т. А. Инновационная экосистема территории: инструменты управления развитием в цифровой среде // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 4. С. 174–183. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-4-174-183.
8. 杜丹丽, 简萧婕. 区域数字创新生态系统韧性提升路径研究 // 科技进步与对策. 2025. Т. 42. № 16. С. 60–71. DOI: 10.6049/kjjbydc.2024040497.
9. Tan Y., Dallas M., Farrell H., Newman A. Driven to Self-Reliance: Technological Interdependence and the Chinese Innovation Ecosystem // International Studies Quarterly. 2025. Vol. 69. No. 2. Article sqaf017. DOI: 10.1093/isq/sqaf017.
10. 王文静, 刘一伟, 赵子萱. 群落演化对区域创新生态系统韧性的影响研究 // 科研管理. 2023. Т. 44. № 11. С. 114–123. DOI: 10.19571/j.cnki.1000-2995.2023.11.012.

International integration of innovation ecosystems: concept, preconditions and mechanism

Fu Bingjian
Belarusian State Economic University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Collaborative research and technology exchanges connect organizations across countries, but these contacts alone do not establish integration between innovation ecosystems. This article clarifies the concept and examines the interaction of its functional and institutional components. It uses comparative analysis and theoretical synthesis of studies on ecosystems, cross-border innovation systems and the resilience of innovation relationships. The proposed definition emphasizes sustained cross-border relationships, interrelated innovation functions and coordination of the conditions for joint activity. A two-component model explains how joint activity creates a need to coordinate rules and how institutional coordination supports its continuation. Functional connectedness is distinguished from interdependence. Interdependence involves mutually contingent functions; difficulties in replacing resources and partners indicate the depth of dependence and potential vulnerability. The analysis explains why removing barriers may coexist with growing vulnerabilities. Integration resilience is considered in relation to dependency structures and participants' capacity to adapt to disruptions. The approach allows integration to weaken and does not prescribe mandatory stages. It provides an analytical basis for comparing cases, rather than an empirically validated scale of integration depth. Directions for further testing are identified.

Keywords: international integration, innovation ecosystem, cross-border cooperation, institutional coordination, functional connectedness, interdependence, resilience.

References

1. Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy // Journal of Management. 2017. Vol. 43. No. 1. P. 39–58. DOI: 10.1177/0149206316678451.
2. Jacobides M. G., Cennamo C., Gawer A. Towards a Theory of Ecosystems // Strategic Management Journal. 2018. Vol. 39. No. 8. P. 2255–2276. DOI: 10.1002/smj.2904.
3. Cappellano F., Sohn C., Makkonen T., Kaisto V. Bringing borders back into cross-border regional innovation systems: Functions and dynamics // Environment and Planning A: Economy and Space. 2022. Vol. 54. No. 5. P. 1005–1021. DOI: 10.1177/0308518X221073987.
4. Zhao Y., Lyu L., Grimes S. An Analytical Framework for Cross-border Regional Innovation Ecosystems: The Case of Shenzhen–Hong Kong Cross-border Region // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. 2024. Vol. 115. No. 3. P. 402–417. DOI: 10.1111/tesg.12617.
5. Ryzhkova O. V., Borodkina V. V. Justification of indicators for assessing the integration of regional and national innovation ecosystems // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2018. Vol. 11. No. 1. P. 146–153. DOI: 10.18721/JE.11113. (In Russian).
6. Pronuzo Yu. S. Genesis of regional innovation ecosystems: review and modern interpretation // Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii. 2024. No. 2 (105). P. 139–150. DOI: 10.33293/1609-1442-2024-2(105)-139-150. (In Russian).
7. Gileva T. A. Territory's Innovation Ecosystem: Tools for Managing Development in the Digital Environment // Economic Problems and Legal Practice. 2024. Vol. 20. No. 4. P. 174–183. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-4-174-183. (In Russian).
8. Du Danli, Jian Xiaojie. Pathways to Enhance Resilience in Regional Digital Innovation Ecosystems // Science & Technology Progress and Policy. 2025. Vol. 42. No. 16. P. 60–71. DOI: 10.6049/kjjbydc.2024040497. (In Chinese).
9. Tan Y., Dallas M., Farrell H., Newman A. Driven to Self-Reliance: Technological Interdependence and the Chinese Innovation Ecosystem // International Studies Quarterly. 2025. Vol. 69. No. 2. Article sqaf017. DOI: 10.1093/isq/sqaf017.
10. Wang Wenjing, Liu Yiwei, Zhao Zixuan. Research on the impact of community evolution on the resilience of regional innovation ecosystems // Science Research Management. 2023. Vol. 44. No. 11. P. 114–123. DOI: 10.19571/j.cnki.1000-2995.2023.11.012. (In Chinese).

Анализ влияния прямых иностранных инвестиций из стран ЕАЭС на Вьетнам и их воздействия на вьетнамскую экономику

Чан Ань Минь
аспирант, кафедра мировой экономики и международных отношений, Южный федеральный университет, anhminhqt274@mail.ru

В статье представлен анализ динамики, структуры и макроэкономических последствий притока прямых иностранных инвестиций из государств – членов Евразийского экономического союза в Социалистическую Республику Вьетнам. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки эффективности Соглашения о свободной торговле между ЕАЭС и Вьетнамом, а также поиском новых драйверов экономического сближения в условиях глобальной геополитической турбулентности. На основе статистических данных и методов сравнительного и структурно-динамического анализа автором проведен анализ внутренней структуры евразийских инвестиций во Вьетнаме и определены ключевые сферы взаимодействия между Вьетнамом и каждой из стран ЕАЭС. Автором охарактеризованы основные этапы динамики прямых иностранных инвестиций из ЕАЭС во Вьетнам за период с 2005 по 2025 г, в рамках которых выделены три периода, различающихся интенсивностью, отраслевой структурой и институциональными условиями притока капитала. Дана оценка влияния ПИИ из ЕАЭС на такие показатели экономики Вьетнама, как темпы роста ВВП, модернизация промышленной и энергетической инфраструктуры, трансфер технологий, создание рабочих мест и стимулирование экспортного потенциала. Кроме того, автором определены барьеры, ограничивающие инвестиционное сотрудничество на современном этапе.
Ключевые слова: прямые иностранные инвестиции, ЕАЭС, Вьетнам, инвестиционное сотрудничество, инвестиционные потоки, макроэкономическое влияние, инвестиционные проекты, зона свободной торговли, экономическая интеграция, российско-вьетнамские отношения.

Экономический рост и развитие Вьетнама в значительной степени обеспечиваются за счет иностранных инвестиций. Так, по состоянию на 2015 г. доля прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в совокупном экспорте страны достигла 70%, что на 23% превышает показатель 2000 г. За аналогичный период вклад ПИИ в ВВП Вьетнама увеличился с 13% до 18%. В 2011–2015 гг. среднегодовой объем привлекаемых ПИИ составлял почти 18,5 млрд долл. США [11]. Экономическое сотрудничество Вьетнама и ЕАЭС, в том числе в области инвестиций, строится вокруг Соглашения о свободной торговле, подписанного 29 мая 2015 г. и вступившего в силу 5 октября 2016 г. Помимо торговли, соглашение предусматривает взаимную либерализацию инвестиций и доступ к государственным закупкам. Отдельные двусторонние протоколы, например, между Вьетнамом и Россией, а также между Вьетнамом и Беларусью, поддерживают проекты промышленной сборки автотехники на территории Вьетнама. Соглашение о свободной торговле между ЕАЭС и Вьетнамом создаёт институциональную основу для расширения потоков ПИИ в обе стороны, определяет механизм снижения административных и тарифных барьеров, которые ранее сдерживали инвестиционные потоки [2].

До подписания Соглашения о свободной торговле Вьетнам пользовался лишь односторонними преференциями со стороны ЕС в рамках Общей системы преференций, при этом европейские инвесторы сталкивались с ограничениями на вьетнамском рынке. Более того, ЕС сохранял право в любой момент вводить встречные ограничения, что создавало риски для долгосрочных вложений. Новое соглашение устраняет эту асимметрию: теперь обе стороны получают равные гарантии защиты инвестиций, свободу движения капиталов и недискриминационный режим. Это меняет инвестиционный климат – Вьетнам становится более привлекательным для ПИИ из стран ЕАЭС, а вьетнамские инвесторы, в свою очередь, получают надёжный доступ к евразийским рынкам [8]. Для более полного понимания экономического контекста, в котором реализуется Соглашение о свободной торговле между ЕАЭС и Вьетнамом, целесообразно обратиться к основным макроэкономическим показателям государств – членов ЕАЭС, значения которых существенно различаются по странам, что влияет на их инвестиционный потенциал и, соответственно, на перспективы двустороннего сотрудничества с Вьетнамом.

Таблица 1
Основные макроэкономические показатели стран-членов ЕАЭС, 2025 г., млрд долл

Показатель	Армения	Беларусь	Казахстан	Кыргызстан	Россия	ЕАЭС в целом
ВВП	26,5	80,2	295	15,8	2145	2562,5
Промышленное производство	7,2	61,5	108	5,4	1120	1302,1
Сельское хозяйство	2,8	10,4	21,5	4,2	110	148,9
Инвестиция в основной капитал	3,1	12,8	41	2,3	385	444,2
Розничная торговля	6,9	27,5	43,8	5,1	580	663,3
Уровень безработицы, тыс. чел / %	145 / 11,5%	160 / 3,2%	450 / 4,7%	135 / 4,9%	1850 / 2,5%	2740 / 2,9%

Источник: составлено автором на основе данных официального сайта Евразийской экономической комиссии [6]

По итогам 2025 г. совокупный ВВП ЕАЭС вырос на 1,7%, достигнув $3,02 трлн, что на 16,6% превышает показатель 2020 г. При этом темпы роста в Кыргызстане, Армении и Казахстане значительно опередили среднемировые показатели, составив 11,1%, 7,2% и 6,5% соответственно. Основной вклад в развитие внесли сектор услуг, строительство и активное внутреннее потребление на фоне рекордно низкой безработицы. Промышленное производство в ЕАЭС за пятилетний период 2021–2025 гг. выросло на 18,9%, достигнув 1,69 трлн долл. В январе – октябре 2025 г. рост промышленного производства отмечен в Кыргызстане (на 9,8%), Казахстане (на 7,3%) и России (на 1,0%). Системные меры национальных банков и ЕЭК позволили сдержать инфляционное давление в ЕАЭС. По итогам года средний показатель инфляции в союзе снизился с 9% до 6,5%. Этому способствовала денежно-кредитная политика, проводимая в отдельных странах союза, и введение на уровне ЕАЭС тарифных льгот на ввоз продовольствия и энергоносителей. Стоимостной объём взаимной торговли в ЕАЭС в 2025 г. составил $95,1 млрд, при этом в четвёртом квартале его рост достиг 5,9%, что заложило основу для позитивной динамики в 2026 г (см. таблицу 1). Ожидается увеличение объёма взаимной торговли на 6,3% – до 101,1 млрд долл. Доля оборота взаимной торговли

во внешнеторговом обороте ЕАЭС в январе-ноябре 2025 г. составила 20%. Темпы прироста совокупного ВВП государств ЕАЭС в 2026–2027 гг. прогнозируются на уровне около 2,5% в среднем за год.

В ретроспективе инвестиционного сотрудничества весьма показательной является динамика объемов капитала, поступившего из государств – членов ЕАЭС на вьетнамский рынок. По состоянию на октябрь 2015 г, ключевым инвестором из числа стран союза выступала Российская Федерация, на долю которой приходилось 113 инвестиционных проектов с совокупным зарегистрированным капиталом около 2 млрд долл. США. Данный показатель позволял России занимать 17-е место в общем рейтинге зарубежных стран, инвестирующих в экономику Вьетнама. С учетом доминирующего положения российской экономики в структуре союза, совокупный объем ПИИ из всех стран ЕАЭС в указанный период оценивался как сопоставимый с российскими показателями, лишь незначительно превышая отметку в 2 млрд долл.

К 2024 г. конъюнктура взаимного инвестиционного взаимодействия претерпела существенные изменения. Масштаб присутствия евразийского капитала на вьетнамском рынке значительно сократился. Согласно статистическим сведениям, опубликованным вьетнамским специализированным изданием Vietnam Journal, совокупный объем накопленных ПИИ из стран ЕАЭС во Вьетнаме составил приблизительно 1,04 млрд долларов США. Эта величина эквивалентна лишь 0,21% от общего объема зарегистрированных в республике иностранных инвестиций, который к 2024 г. достиг внушительных 502,8 млрд долл. За 2025 г. общий объем зарегистрированных ПИИ во Вьетнам достиг 38,42 млрд долл. Основные капиталовложения стран-участниц союза направляются в логистику, легкую промышленность, энергетику, высокие технологии и сельское хозяйство.

Для сравнения масштабов евразийского капитала целесообразно сопоставить его с показателями ведущих азиатских инвесторов: так, объем инвестиций из Республики Корея составил 92 млрд долл, из Сингапура – 83,13 млрд долл, а из Японии – 77,66 млрд долл. Примечательно, что падение инвестиционной доли ЕАЭС происходило на фоне общего инвестиционного подъема во Вьетнаме, где совокупный объем фактически реализованных ПИИ в 2024 г. достиг рекордного показателя в 25,35 млрд долл, продемонстрировав рост на 9,4% по сравнению с предыдущим годом [5].

Внутренняя структура евразийских инвестиций во Вьетнаме в 2024 г. демонстрирует высокую степень асимметрии с явным преобладанием одного участника. Из общего объема в 1,04 млрд долл. на долю России пришлось около 988,7 млн долл, приблизительно 95% от всех вложений из стран союза. Вклад остальных членов ЕАЭС остается крайне скромным: объем инвестиций из Республики Беларусь оценивается в размере около 40 млн долл, вклад Республики Казахстан составляет порядка 15 млн долл, в то время как инвестиционная активность Республики Армения и Киргизской Республики во Вьетнаме сводится к фактически нулевым значениям, исчисляемым единичными миллионами долларов или менее (см. рисунок 1). Таким образом, несмотря на наличие Соглашения о свободной торговле, инвестиционное присутствие ЕАЭС во Вьетнаме характеризуется слабой диверсификацией и преимущественно концентрируется в рамках двусторонних российско-вьетнамских проектов [3].

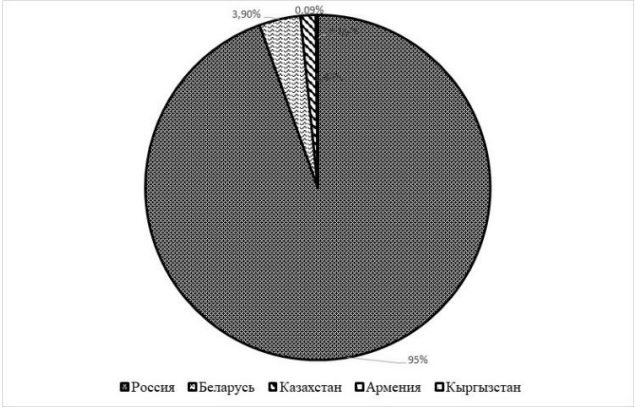


Рис. 1 – Доля ПИИ из ЕАЭС во Вьетнам в разрезе стран союза.,% [5]

С 2005 вплоть до 2016 г. наблюдается рост и последующее снижение абсолютного объема ПИИ из стран ЕАЭС во Вьетнам с примерно 2,1 млрд долл. до 1,07 млрд дол. (см. рисунок 2).

В целом, динамику прямых иностранных инвестиций из ЕАЭС во Вьетнам за период с 2005 по 2025 гг. можно разделить на 3 этапа.

Первый этап охватывает период с 2005 по 2014 гг. На данном этапе накопленный объем инвестиций вырос с 0,3 млрд долл. США до пикового значения в 2,0 млрд долл. США в 2014 г. Данный рост отражает укрепление двусторонних экономических связей и растущий интерес бизнеса стран ЕАЭС, в первую очередь России, к вьетнамскому рынку, который воспринимался как перспективная площадка для расширения присутствия в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Данный период послужил фундаментом для последующей институционализации торговых отношений и подписания Соглашения о зоне свободной торговли в мае 2015 г.

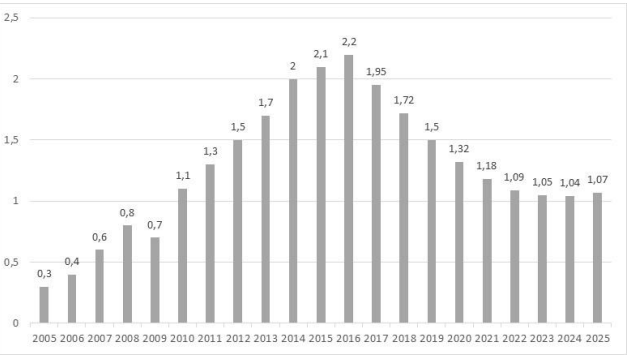


Рис. 2 – Динамика накопленного объема ПИИ из стран ЕАЭС во Вьетнам., 2005 – 2025 гг., млрд долл США [5]

На втором этапе (2015 – 2022 гг.) наблюдается значительное снижение абсолютного объема ПИИ из стран ЕАЭС во Вьетнам, который сократился с примерно 2,1 млрд долл. до 1,09 млрд долл. Падение составило почти 50%, что происходило на фоне резкого роста общего объема ПИИ во Вьетнам, увеличившегося с 1,5 млрд долл. до 25,35 млрд долл. В результате доля ЕАЭС в инвестиционном портфеле Вьетнама снизилась до символических 0,21%. Данная динамика объясняется несколькими ключевыми факторами. Во-первых, важным аспектом является санкционное давление на Россию. После введения санкций в 2014 г. и особенно после 2022 г. возможности для новых капиталовложений были значительно ограничены. Во-вторых, отсутствовала диверсификации в инвестиционных проектах ЕАЭС во Вьетнаме. Основные проекты по-прежнему сосредоточены в нефтегазовой сфере, тогда как ведущие мировые инвесторы, такие как Корея, Япония и Сингапур, активно вкладываются в обрабатывающую промышленность, электронику и высокие технологии. В-третьих, рост конкуренции также играет значительную роль в изменении инвестиционного климата. Вьетнам стал одним из основных бенефициаров переноса производств из Китая, что привело к значительному увеличению присутствия других стран на его рынке. В результате, несмотря на формальное создание ЗСТ, которое должно было стать катализатором, реальный приток капитала из ЕАЭС существенно сократился в относительном и абсолютном выражении.

Третий этап охватывает период с 2022 г. по настоящее время. Данный период характеризуется переходом двустороннего сотрудничества в состояние повышенной неопределенности. Начало специальной военной операции Россией в 2022 г. и связанные с данным событием антироссийские санкции, платежные ограничения и нарушения логистических цепочек создали препятствия для реализации инвестиционных проектов. Тем не менее, страны постепенно адаптируются к новым условиям. К 2024 – 2025 гг. объем инвестиций стабилизировался на уровне около 1,04 – 1,07 млрд долл. США, а вьетнамская сторона и российские компании ищут новые механизмы взаимодействия через расчеты в национальных валютах и развитие альтернативных логистических маршрутов. На современном этапе многостороннее взаимодействие между ЕАЭС и Вьетнамом охватывает такие стратегические направления, как взаимные инвестиции, развитие транспортно-логистических коридоров, гармонизация санитарного и фитосанитарного регулирования, экологическая повестка, а также совместная разработка и внедрение устойчивых механизмов трансграничных финансовых расчетов в национальных валютах (см. рисунок 3).

Абсолютным лидером по объему инвестиционного присутствия среди государств ЕАЭС на вьетнамском рынке традиционно выступает Россия. По состоянию на ноябрь 2024 г, российский бизнес реализует во Вьетнаме 199 инвестиционных проектов, совокупный зарегистрированный капитал которых оценивается примерно в 990 млн долл, что позволяет России удерживать 26-ю позицию в списке из 147 зарубежных государств и территорий, инвестирующих в экономику республики [4]. Основу российского присутствия составляют высокотехнологичные, капиталоемкие и инфраструктурные отрасли, формирующие фундамент двустороннего стратегического партнерства.

Среди ключевых сфер взаимодействия особое значение имеет энергетика. В области мирного атома стратегически важным шагом стало возобновление масштабного проекта по строительству атомной электростанции большой мощности «Ниньтхуан-1», предполагающего возведение двух современных энергоблоков на базе реакторов ВВЭР-1200 [13]. Традиционным локомотивом сотрудничества остается нефтегазовый сектор, где многолетний опыт успешного партнерства зафиксирован в продлении деятельности ведущих совместных предприятий «Вьетсовпетро» (на территории Вьетнама) и «Русвьетпетро» (на территории России) на долгосрочный период до 2050 г, параллельно с чем ПАО «Газпром» и государственная корпорация «Петровьетнам» продолжают эффективную совместную разработку и добычу природного газа на вьетнамских месторождениях [9].

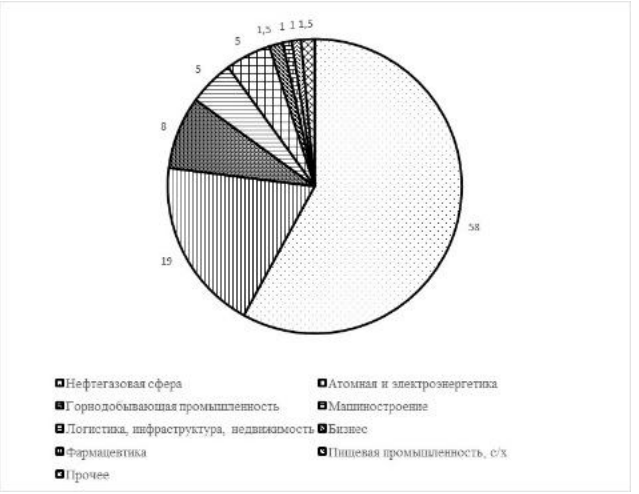


Рис. 3 – Структура ПИИ из ЕАЭС во Вьетнам в отраслевом разрезе., % [5]

Новые стимулы для диверсификации экономического присутствия были заложены в июне 2025 г, когда Российский фонд прямых инвестиций (РФПИ) подписал соглашение о стратегическом партнерстве с вьетнамской многопрофильной корпорацией SHINEC [14]. Данный документ предусматривает реализацию совместных проектов в сфере логистики, развития портовой инфраструктуры, переработки полезных ископаемых, а также строительства складских комплексов и объектов индустриальной недвижимости. Дополнительно РФПИ объявил о расширении научно-производственного сотрудничества с вьетнамскими партнерами в области фармацевтической промышленности и высоких медицинских технологий.

Республика Казахстан выступает вторым по значимости торгово-экономическим партнером Вьетнама среди государств – членов ЕАЭС. В 2024 г. объем казахстанско-вьетнамского товарооборота показал двукратный рост по сравнению с показателями 2023 г. и превысил отметку в 800 млн долл. Ключевым субъектом инвестиционной деятельности со стороны Казахстана на вьетнамском рынке является диверсифицированная международная группа компаний Kusto Group, которая обеспечивает основной объем казахстанских вложений в экономику республики. В рамках договоренностей, достигнутых на высшем межгосударственном уровне, стороны наметили стратегический ориентир по увеличению взаимного товарооборота до 2 млрд долл. Показателем качественной эволюции торговых отношений в 2024 г. стало значительное расширение номенклатуры казахстанского экспорта во Вьетнам, в состав которого, помимо традиционного сырья, вошли такие промышленные и высокотехнологичные товары, как радиолокационная аппаратура, ферросплавы, коконы шелкопряда, а также готовая электротехническая продукция [15].

Важным вектором евразийско-вьетнамского сотрудничества является также планомерное развитие связей между Республикой Беларусь и Вьетнамом. На сегодняшний день белорусский капитал представлен во вьетнамской экономике несколькими совместными инвестиционными проектами, совокупный объем зарегистрированного капитала по которым превышает 32 млн долл. Наиболее репрезентативным направлением взаимодействия выступает промышленная кооперация и сектор машиностроения. В частности, в городе Хошимине было подписано лицензионное соглашение, заложившее основу для организации сборочного производства тракторов марки «BELARUS» моделей 451, 820 и 892.2, что также предусматривает поставку опытной партии специализированных тракторокомплектов.

Помимо этого, стороны ведут активные переговоры по расширению присутствия белорусской тяжелой техники на вьетнамском рынке. Это включает в себя обсуждение проектов по созданию совместных предприятий для сборки грузовых автомобилей марки «МАЗ», организацию регулярных поставок автомобильных шин белорусского производства под брендом Belshina, а также карьерных самосвалов большой грузоподъемности БелАЗ для нужд горнодобывающей промышленности Вьетнама. Дополнительным мощным стимулом для активизации двустороннего диалога стал состоявшийся в мае 2025 г. официальный визит Генерального секретаря Центрального комитета Коммунистической партии Вьетнама в Республику Беларусь, который открыл новые долгосрочные перспективы для углубления всестороннего торгово-экономического и инвестиционного партнерства двух государств [12].

Экономический диалог между Республикой Армения и Вьетнамом на современном этапе демонстрирует позитивную динамику, несмотря на отсутствие крупных прямых инвестиционных проектов Армении. Важнейшим фактором и институциональным стимулом для наращивания двустороннего взаимодействия выступает членство Армении в ЕАЭС, позволяющее республике в полной мере использовать преференции и таможенные льготы в рамках действующего Соглашения о свободной торговле с Вьетнамом.

Торговые отношения двух стран характеризуются устойчивым ростом: так, за первые девять месяцев 2025 г. объем взаимного товарооборота между Арменией и Вьетнамом достиг 413,1 млн долл, что на 13,5% превышает показатели аналогичного периода предшествующего года. Серьезный импульс инвестиционному партнерству, в особенности в энергетическом секторе, придал официальный визит председателя Национального собрания Вьетнама в Армению, в рамках которого был организован представительный двусторонний бизнес-форум. В работе этого форума приняла активное участие государственная вьетнамская корпорация Petrovietnam, нацеленная на поиск точек соприкосновения и практическую реализацию совместных высокотехнологичных инициатив. В настоящее время профильные ведомства и деловые круги двух стран ведут активные консультации по диверсификации направлений сотрудничества. Повышенное внимание уделяется совместным проектам в сфере туризма и логистики [1].

Инвестиционное присутствие Киргизской Республики во Вьетнаме на текущем этапе также оценивается как минимальное, однако в последние годы на межгосударственном уровне фиксируется заметная активизация контактов и стремление к расширению экономического взаимодействия. Ключевым вектором сотрудничества между странами выступает энергетическая отрасль. Подтверждением этому служит подписание в 2025 г. трех профильных меморандумов о взаимопонимании между министерствами и ведомствами двух стран, отвечающими за энергетический сектор, что заложило правовую основу для будущего технологического обмена и реализации совместных инфраструктурных проектов. Кыргызстан выражает высокую заинтересованность в привлечении вьетнамского капитала в свою экономику и активно предлагает зарубежным инвесторам пакеты налоговых преференций, упрощенные административные процедуры и благоприятный регуляторный климат для ведения бизнеса. Вьетнамская сторона, в свою очередь, рассматривает Кыргызстан как надежного и стратегически важного партнера в Центральноазиатском регионе.

Прямые иностранные инвестиции из стран ЕАЭС оказывают двоякое воздействие на социально-экономическую систему Вьетнама. Среди наиболее выраженных позитивных эффектов этого взаимодействия выделяется приток иностранного капитала, который компенсирует дефицит внутренних сбережений во вьетнамской экономике и позволяет аккумулировать ресурсы для финансирования крупных инфраструктурных и промышленных проектов. Кроме того, евразийские инвестиции обеспечивают эффективный технологический трансфер, поскольку зарубежные компании импортируют современные технологические решения, передовые методы корпоративного управления и строгие стандарты контроля качества. Важную роль играет также ориентация евразийских инвестиций на экспортные секторы вьетнамского хозяйства, такие как электроника, текстильная промышленность и производство комплектующих. Увеличение объемов ПИИ в эти отрасли способствует росту экспорта вьетнамских товаров, диверсификации внешних рынков сбыта и укреплению золотовалютных резервов страны. Параллельно с этим создание совместных предприятий обеспечивает создание новых рабочих мест как непосредственно в компаниях с иностранным участием, так и в сопутствующих отраслях, включая логистику, транспорт и сферу услуг.

Тем не менее развитие инвестиционного сотрудничества сопровождается рядом рисков. В частности, резкое усиление конкуренции со стороны технологически и финансово более сильных евразийских корпораций может оказывать деструктивное воздействие на внутренний рынок, приводя к постепенному вытеснению менее эффективных вьетнамских предприятий. Серьезной проблемой для фискальной стабильности Вьетнама остаются риски, связанные с механизмами трансфертного ценообразования. Использование транснациональными инвесторами сложных схем налоговой оптимизации, в т. ч. искусственное завышение стоимости поставляемого оборудования или прав на интеллектуальную собственность, способно приводить к существенным потерям государственного бюджета принимающей страны.

Среди факторов, которые препятствуют привлечению прямых иностранных инвестиций во Вьетнам, можно выделить следующие: слабая законодательная база в сфере инвестирования (в частности, недостаточная защита прав интеллектуальной собственности), высокий уровень коррупции, нестабильность финансовых рынков, а также противоречивость и конфликтогенность управленческих решений. Кроме того, во вьетнамском законодательстве отсутствуют чёткие критерии ограничения инвестиций: иностранным инвесторам приходится отдельно договариваться с уполномоченными государственными органами о получении разрешений на вложения в те сектора экономики, которые формально не запрещены, но и не являются открытыми для ПИИ [10].

Анализ современных геополитических процессов позволяет выявить причинно-следственную связь между санкционным давлением на Россию и сокращением инвестиционных потоков ЕАЭС на внешние рынки. Казахстан, Беларусь, Армения и Кыргызстан не обладают достаточным объемом собственных ресурсов для экспорта капитала на рынки дальнего зарубежья, эти страны в значительной степени опирались на российские инвестиционные платформы, финансовые инструменты и логистические цепочки. Введение жестких международных ограничений против российского финансового и технологического секторов в 2022 г. привело к общему падению совокупной инвестиционной активности ЕАЭС, в результате чего снизилась эффективность евразийского присут-

ствия за пределами союза. Поскольку именно Россия выступала ключевым источником капитала для инвестиционных инициатив в рамках соглашения с Вьетнамом, сужение ее собственных финансовых возможностей повлекло за собой сокращение масштабов евразийского присутствия на вьетнамском рынке, которое не могло быть компенсировано точечными вложениями других участников союза в силу несопоставимости масштабов их экономик. При этом важно отметить позицию Вьетнама, который воздержался от присоединения к санкционному режиму и сохранил открытость к продолжению взаимовыгодного сотрудничества.

Таким образом, инвестиционное сотрудничество между ЕАЭС и Вьетнамом развивается неравномерно и сталкивается с рядом вызовов. За период с 2015 по 2024 гг. совокупный объем накопленных прямых иностранных инвестиций из государств-членов ЕАЭС во Вьетнам сократился почти вдвое, при том что общий приток иностранного капитала в республику за это же время возрос многократно, в результате чего доля ЕАЭС снизилась до символических 0,21%. Ключевой причиной сложившейся динамики выступает высокая концентрация инвестиционных потоков в рамках одного государства-члена – России, а также их отраслевая несбалансированность. В макроэкономическом измерении приток евразийских инвестиций оказывает на Вьетнам двойственное воздействие: с одной стороны, он компенсирует дефицит внутренних сбережений, способствует модернизации мощностей, трансферу технологий и созданию рабочих мест, а с другой, несет риски усиления конкуренции для локальных предприятий и потенциальных потерь бюджета. Эффективность дальнейшего сотрудничества будет определяться способностью сторон преодолеть сохраняющиеся институциональные барьеры и ограничения нормативно-правовой базы.

Литература

1. Армения высоко оценивает большой потенциал развития сотрудничества с Вьетнамом в сфере туризма и торговли [Электронный ресурс]. // Радио «голос Вьетнама». – URL: https://vovworld.vn/ru-RU/beseda/armeniya-vysoko-ocenivaet-bolshoy-potencial-razvitiya-sotrudnichestva-s-vetnamom-v-sfere-turizma-i-1973608.vov5 (дата обращения: 17.05.2026).
2. Владимир М. М. Соглашение о свободной торговле ЕАЭС с Вьетнамом: ожидания и реальность // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2024. – № 3. – С. 128–148. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soglashenie-o-svobodnoy-torgovle-eaes-s-vietnamom-ozhidaniya-i-realnost (дата обращения: 17.05.2026).
3. Воронова Т. А, Новикова Е. С, Нгуен Х. Ф. Трансформация внешнеэкономических связей Вьетнама с ведущими партнёрами (2021–2024 гг.) // Вьетнамские исследования. – 2025. – № 2. – С. 32–48. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-vneshneekonomicheskih-svyazey-vietnama-s-veduschimi-partnyorami-2021-2024-gg (дата обращения: 17.05.2026).
4. Вьетнам настроен на расширение сотрудничества с Россией в сфере энергетики [Электронный ресурс]. // Информационный портал ТАСС. – URL: https://tass.ru/ekonomika/23878439 (дата обращения: 17.05.2026).
5. Данные официального сайта Главного статистического управления Вьетнама [Электронный ресурс]. // General Statistics Office of Vietnam. – URL: http://www.gso.gov.vn (дата обращения: 17.05.2026).
6. Данные официального сайта Евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс]. // Евразийская экономическая комиссия. – URL: https://eec.eaeunion.org/ (дата обращения: 17.05.2026).
7. Данные официального сайта Министерства планирования и инвестиций Вьетнама [Электронный ресурс]. // Ministry of Planning and Investment Portal. – URL: http://www.mpi.gov.vn (дата обращения: 17.05.2026).
8. Динь М. Т., Нгуен К. Х., Яковлев А. А. Динь Мань Туан, Нгуен Куок Хунг, Яковлев А. А. Оценка факторов, влияющих на динамику инвестиционного взаимодействия России и Вьетнама в рамках Соглашения о свободной торговле между ЕАЭС и Вьетнамом // Экономика и управление. – 2022. – № 9. – С. 843–850. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-faktorov-vliyayuschih-na-dinamiku-investitsionnogo-vzaimodeystviya-rossii-i-vietnama-v-ramkah-soglasheniya-o-svobodnoy (дата обращения: 17.05.2026).
9. Дружба через десятилетия. Как Россия и Вьетнам строили отношения [Электронный ресурс]. // Информационный портал ТАСС. – 2026. – URL: https://tass.ru/info/21141205 (дата обращения: 17.05.2026).
10. Нгуен К. Х. Экономический рост Вьетнама: достижения и трудности. Решения и ориентиры на 2025 год // Дискуссия. – 2025. – № 8 (141). – С. 200–209. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskiy-rost-vietnama-dostizheniya-i-trudnosti-resheniya-i-orientiry-na-2025-god (дата обращения: 17.05.2026).
11. Нгуен Х. Х. Влияние прямых иностранных инвестиций на социально-экономическое развитие Вьетнама // Общество: политика, экономика, право. – 2020. – № 5 (82). – С. 80–84. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-pryamyh-inostrannyh-investitsiy-na-sotsialno-ekonomicheskoe-razvitie-vietnama (дата обращения: 17.05.2026).
12. Павловская С. В, Шаврук Ю. А, До Хыонг Лан Экономическое сотрудничество Вьетнама и Беларуси в условиях интеграции с ЕАЭС // Вьетнамские исследования. – 2020. – № 1. – С. 28–39. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-sotrudnichestvo-vietnama-i-belarusi-v-usloviyah-integratsii-s-eaes (дата обращения: 17.05.2026).
13. Россия поучаствует в строительстве первой во Вьетнаме АЭС [Электронный ресурс]. // Информационный портал Коммерсант. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/8532987 (дата обращения: 17.05.2026).
14. РФПИ подписал соглашение с корпорацией SHINE для совместных инвестиций [Электронный ресурс]. // Информационный портал Известия. – 2025. – URL: https://iz.ru/1907264/2025-06-20/rfpi-podpisal-soglashenie-s-korporatciei-shinec-dlia-sovmestnykh-investitcii (дата обращения: 17.05.2026).
15. Товарооборот между Казахстаном и Вьетнамом в 2024 году достиг $860 млн [Электронный ресурс]. // Информационный портал 24.kz. – URL: https://24.kz/ru/news/economyc/708692-tovarooborot-mezhdu-kazakhstanom-i-vetnamom-v-2024-godu-dostig-usd860-mln (дата обращения: 17.05.2026).

Analysis of the impact of foreign direct investment from the EAEU countries on Vietnam and their impact on the vietnamese economy

Tran Anh Minh
Southern Federal University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article presents an analysis of the dynamics, structure and macroeconomic consequences of the inflow of foreign direct investment from the member states of the Eurasian Economic Union to the Socialist Republic of Vietnam. The relevance of the study is due to the need to assess the effectiveness of the Free Trade Agreement between the EAEU and Vietnam, as well as the search for new drivers of economic convergence in the context of global geopolitical turbulence. Based on statistical data and methods of comparative and structural-dynamic analysis, the author analyzes the internal structure of Eurasian investments in Vietnam and identifies key areas of interaction between Vietnam and each of the EAEU countries. The author describes the main stages of the dynamics of foreign direct investment from the EAEU to Vietnam for the period from 2005 to 2025, within which three periods are identified, differing in intensity, industry structure and institutional conditions of capital inflows. The impact of FDI from the EAEU on such indicators of the Vietnamese economy as GDP growth, modernization of industrial and energy infrastructure, technology transfer, job creation and stimulation of export potential is assessed. In addition, the author identifies barriers that limit investment cooperation at the present stage.

Keywords: foreign direct investment, EAEU, Vietnam, investment cooperation, investment flows, macroeconomic impact, investment projects, free trade zone, economic integration, Russian-Vietnamese relations.

References

1. Armenia highly values the great potential for developing cooperation with Vietnam in the fields of tourism and trade [Электронный ресурс]. // Radio «Voice of Vietnam». (access date: 17.05.2026). – 2026. – URL: https://vovworld.vn/ru-RU/beseda/armeniya-vysoko-ocenivaet-bolshoy-potencial-razvitiya-sotrudnichestva-s-vetnamom-v-sfere-turizma-i-1973608.vov5.
2. Vladimir M. M. The EAEU Free Trade Agreement with Vietnam: expectations and reality // Contours of Global Transformations: Politics, Economics, Law. – 2026. – No. 3. – P. 128–148. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soglashenie-o-svobodnoy-torgovle-eaes-s-vietnamom-ozhidaniya-i-realnost.
3. Voronova T. A., Novikova E. S., Nguyen H. F. Transformation of Vietnam's Foreign Economic Relations with Leading Partners (2021 – 2024 гг.) // Vietnamese Studies. – 2026. – No. 2. – P. 32–48. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-vneshneekonomicheskih-svyazey-vietnama-s-veduschimi-partnyorami-2021-2024-gg.
4. Vietnam is committed to expanding cooperation with Russia in the energy sector [Электронный ресурс]. // TASS Information Portal. (access date: 17.05.2026). – 2026. – URL: https://tass.ru/ekonomika/23878439.
5. Data from the official website of the General Statistics Office of Vietnam [Электронный ресурс]. // General Statistics Office of Vietnam. (access date: 17.05.2026). – 2026. – URL: http://www.gso.gov.vn.
6. Data from the official website of the Eurasian Economic Commission [Электронный ресурс]. // Eurasian Economic Commission. (access date: 17.05.2026). – 2026. – URL: https://eec.eaeunion.org/.

ШОС и БРИКС как инструменты продвижения многополярности Китаем и Россией

Черемисин Михаил Алексеевич
магистрант, кафедра политики и государственного управления, Циндаоский университет, tcheremisinmikh@yandex.ru

В статье рассматривается роль Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) и БРИКС как ключевых платформ, с помощью которых Россия и Китай продвигают многополярный мировой порядок. На основе современных научных и аналитических источников анализируется, как обе страны используют эти институты для противодействия западной гегемонии, продвижения альтернативных нарративов суверенитета и цивилизационного разнообразия, а также для развития экономического сотрудничества и сотрудничества в сфере безопасности. В статье освещаются совместные инициативы в Центральной Азии, Арктике и в области культурной дипломатии, а также выявляются внутренние проблемы: асимметрия властных отношений, нарративная биполярность и риск инфраструктурного популизма. Делается вывод, что, хотя ШОС и БРИКС стали важнейшими инструментами институционализации многополярности, их долгосрочная эффективность зависит от преодоления внутренних диспропорций и достижения конкретных результатов, выгодных всем государствам-членам.

Ключевые слова: многополярность, ШОС, БРИКС, Россия, Китай, глобальный порядок, мультилатерализм, суверенитет.

Introduction

The transition from a unipolar world order dominated by the United States to a more multipolar system has become a central theme in the modern international relations. In particular, Russia and China as two major revisionist powers have actively promoted this transition through various multilateral frameworks. Among these the Shanghai Cooperation Organization (SCO) and BRICS (Brazil, Russia, India, China, South Africa) stand out as crucial instruments for advancing a multipolar agenda. This article explores how Moscow and Beijing utilize these organizations to challenge Western-centric models of global governance, foster alternative narratives of sovereignty and civilizational diversity and create new centers of power.

The urgency of this topic is underscored by the growing geopolitical tensions, particularly the confrontation between Russia and the West over Ukraine, and the escalating U.S.-China rivalry. According to Chernega [1], the plurality of unequal poles in the emerging multipolar order inherently carries risks of intensified competition, but the main driver of tension remains the struggle between the West, seeking to preserve its dominance, and states that reject it – primarily Russia, China and the Global South. In this context the SCO and BRICS serve as institutional vehicles for coordinating positions, pooling resources, and projecting alternative visions of world order.

Theoretical Framework

The concept of multipolarity has evolved significantly since the end of the Cold War. As Malchenkov [4] demonstrates in his comparative analysis of Russian, Chinese and Indian strategic documents, the term has different connotations across these states. For Russia, multipolarity is closely linked to geopolitical balancing and resistance to Western hegemony, while for China, it emphasizes economic globalization and civilizational uniqueness. Last but not least India often carries an economic rather than geopolitical emphasis. Despite these differences, all three countries share a commitment to a world order based on sovereign equality and non-interference.

Theoretical approaches to multipolarity often draw on Joseph Nye's concept of soft power, which highlights the ability to attract and persuade rather than coerce. In this direction Russia and China have increasingly invested in soft power instruments – for example, cultural diplomacy, media outreach, educational exchanges – to reshape their international image and build alliances. It is worth saying that constructivism further enriches this analysis by focusing on identity formation and social interaction. Cultural diplomacy serves both as an internal means of redefining national identity and as an external tool for expanding influence [2]. It is important to note that postcolonial theory adds a critical dimension, examining how Russia and China position themselves as allies of the Global South against Western cultural and epistemological hegemony.

In the context of the SCO and BRICS these theoretical lenses help explain how Russia and China construct collective identities, promote alternative norms and challenge the existing international hierarchy. Moreover, the SCO, originally focused on security and counterterrorism, has expanded to include economic and cultural cooperation. As for BRICS, this economic grouping has evolved into a political platform advocating for a more equitable global financial system and greater representation of emerging powers.

The SCO and BRICS as Platforms for Multipolarity

The SCO and BRICS embody different but complementary aspects of the multipolar project. The SCO, founded in 2001 by China, Russia, and four Central Asian states, was initially designed to address regional security threats such as terrorism, extremism, and separatism. Over time it has become a broader platform for political, economic and cultural cooperation. Safronova [6] says that the SCO is not a military alliance, but its members share a commitment to countering unilateralism and promoting a multipolar world order. Later the accession of India and Pakistan in 2017 further expanded the organization's geopolitical reach, though it also introduced new complexities.

Let`s also consider the role of BRICS that emerged as a coalition of emerging economies seeking to reform global governance institutions. Its annual summits have increasingly focused on political coordination, with joint statements emphasizing the need for a multipolar world, respect for international law, and opposition to unilateral sanctions. For Russia and China BRICS provides a platform to engage with other major developing countries – Brazil, India, South Africa – and to advance initiatives such as the New Development Bank and the Contingent Reserve Arrangement, which aim to reduce dependence on Western-dominated financial institutions.

Both organizations serve as instruments for what Yudina [7] calls "political and diplomatic cooperation in strengthening multipolarity principles." They allow Russia and China to coordinate positions on key international issues, from UN reform to conflict resolution and to present a united front against Western pressure. Moreover, they facilitate the creation of alternative narratives that challenge the universality of Western liberal norms. However, Dzhekshenkulov [3] argue that the declared multipolarity within these structures often reproduces narrative bipolarity,

with Russia and China dominating the discourse while smaller states remain objects rather than subjects.

Russia-China Cooperation within the SCO and BRICS

Russia and China have deepened their strategic partnership within the SCO and BRICS, aligning their efforts to promote multipolarity. A landmark development was the 2015 joint statement on cooperation between the Eurasian Economic Union and China's Belt and Road Initiative, which explicitly mentioned the SCO as a platform for linking these projects. This approach aims to create a new Eurasian geopolitics based on infrastructure connectivity, trade facilitation and financial integration.

In the security sphere Russia and China conduct regular joint military exercises within the SCO framework, such as the "Peace Mission" anti-terrorist drills. They also cooperate through the Regional Anti-Terrorist Structure to combat the "three evils" of terrorism, extremism and separatism. However, Safronova [6] points out that the SCO is not a military alliance and both countries carefully avoid formal obligations that would constrain their strategic autonomy.

Economically China is the driving force behind many SCO projects, while Russia often focuses on security and energy. It is important to say that this division of labor has led to tensions, as some Central Asian states prefer bilateral cooperation with China to multilateral SCO initiatives. Nevertheless, both Moscow and Beijing recognize the value of the SCO as a forum for coordinating their policies in Central Asia and countering Western influence.

In BRICS, Russia and China have pushed for greater political coordination, including joint positions on Syria, Iran, and Venezuela. They have also promoted the use of national currencies in trade settlements, reducing reliance on the U.S. dollar. The New Development Bank, headquartered in Shanghai, and the BRICS Contingent Reserve Arrangement are concrete outcomes of this cooperation. As Yudina [7] notes, these initiatives reflect a shared desire to create a more balanced and just global order.

Central Asia is a key region where the SCO and BRICS intersect with Russia-China cooperation. The SCO provides a framework for managing security challenges, while BRICS offers economic and political solidarity. However, Central Asian states often remain objects rather than subjects in the Eurasian discourse shaped by Russia and China. The authors introduce the concept of "infrapop" – a pathology of infrastructure discourse where media projection far exceeds actual implementation [6].

The Arctic is another arena where Russia and China cooperate on multipolarity. Pitukhina et al. [5] analyze the Northern Sea Route and the International North–South Transport Corridor (INSTC) as new trade routes that reduce costs and strengthen economic ties. Particularly, China promotes the Polar Silk Road as an extension of the BRI, while India lobbies for INSTC. For Russia these projects offer opportunities to diversify trade and attract investment. However, the authors note that India's engagement in the Arctic is less robust than China's, and India's potential NATO ties could complicate cooperation.

Conclusion

The SCO and BRICS have become indispensable instruments for Russia and China in their quest to promote multipolarity. They provide platforms for political coordination, economic cooperation, and cultural exchange, while challenging Western hegemony and offering alternative visions of world order. However, their effectiveness is constrained by internal asymmetries, narrative bipolarity, and implementation gaps. To realize the full potential of these organizations, Russia and China must ensure that smaller states are treated as subjects, not objects, and that declared projects are matched by concrete results. Only then can multipolarity become a reality that benefits all.

The SCO and BRICS as Instruments for Promoting Multipolarity by China and Russia

Cheremisin M.A.
Qingdao University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines the role of the Shanghai Cooperation Organization (SCO) and BRICS as key platforms for Russia and China to advance a multipolar world order. Drawing on recent academic and policy sources, it analyzes how both countries use these institutions to counter Western hegemony, promote alternative narratives of sovereignty and civilizational diversity, and foster economic and security cooperation. The article highlights joint initiatives in Central Asia, the Arctic, and cultural diplomacy, while also identifying internal challenges such as asymmetric power relations, narrative bipolarity, and the risk of infrastructure populism. Finally, it concludes that while the SCO and BRICS have become essential instruments for institutionalizing multipolarity, their long-term effectiveness depends on addressing internal imbalances and delivering concrete results that benefit all member states.

Keywords: multipolarity, SCO, BRICS, Russia, China, global order, multilateralism, sovereignty.

References

1. Chernega V. N. O perekhode k mnogopolyarnomu miru: tendencii i perspektivy // ROSSIYA I MIR V XXI VEKE. – 2025. – № 2. – S. 53-70.
2. Czemin CHzh., Tyan' L., Tao V. Rossiya, Kitaj i Global'nyj YUg: kul'turnoe sotrudnichestvo kak osnova novoj strategii // Mir russkogovoryashchih stran. – 2025. – № 3 (25). – S. 5-28.
3. Dzhekshenkulov A. D. Mnogopolyarnost' bez sub"ektnosti: Central'naya Aziya v narrativnyh strategiyah Rossii i Kitaya // Postsovetskie issledovaniya. – 2026. – № 6. – S. 709-721.
4. Malchenkov S. A. Kategoriya «mnogopolyarnost'» v konceptual'nyh dokumentah Rossii, Kitaya i Indii // Diskurs-Pi. – 2025. – № 1. – S. 120-137.
5. Pituhina M. A., Gurtov V. A., Belyh A. D. Mnogopolyarnost' v Arktike: novye ekonomicheskie vozmozhnosti i geopoliticheskie riski dlya Rossii, Indii i Kitaya // Ekonomika i upravlenie. – 2024. – № 8. – S. 925-935.
6. Safronova E. I. Mnogopolyarnost' i rossijsko-kitajskoe sotrudnichestvo v kontekste SHOS // Kitaj v mirovoj i regional'noj politike. Istoriya i sovremennost'. – 2016. – № 21. – S. 98-118.
7. Yudina K. V. Politiko-diplomaticheskoe sotrudnichestvo Rossii i Kitaya v ukreplenii principov mnogopolyarnosti v usloviyah politicheskoj turbulentnosti // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – Vol. 11-1 (98), 2024. – Pp. 273-275.

Управление логистическими цепями поставок сжиженного природного газа в условиях трансформации энергетических рынков

Шабан Антон Павлович
к.э.н., доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, shaban_ap@spbstu.ru,

Жуков Виталий Вячеславович
генеральный директор, АО «Аврора Логистика», Zhukov-vitaly@mail.ru,

Скворцов Александр Викторович
заместитель генерального директора по экономике и финансам, АО «Аврора Логистика», i@skvortsovav.ru

В статье исследуются особенности управления логистическими цепями поставок сжиженного природного газа (СПГ) в условиях структурной трансформации мировых и региональных энергетических рынков. Показано, что рост роли СПГ в международной торговле природным газом сопровождается усложнением конфигурации цепей поставок, повышением требований к транспортной гибкости, доступности специализированного флота, терминальной инфраструктуре и способности компаний оперативно перераспределять товарные потоки между рынками. Проведен анализ современных факторов трансформации рынка СПГ, включая изменение географии спроса, усиление ценовой волатильности, санкционные и технологические ограничения, развитие арктической логистики, ужесточение экологических требований и формирование новой волны мощностей по сжижению газа. Систематизированы ключевые риски на этапах производства, хранения, морской транспортировки, перевалки и реализации СПГ. Предложен авторский механизм адаптивного управления логистической цепью, основанный на непрерывном мониторинге внешней среды, оценке устойчивости цепи, формировании альтернативных логистических конфигураций и выборе управленческих решений по критериям надежности, стоимости, времени и рыночной гибкости. Сформулированы направления развития российских цепей поставок СПГ с учетом задач Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, управление, логистика, цепи поставок, энергетический рынок, устойчивость цепей поставок, Северный морской путь, транспортно-логистическая инфраструктура, риски.

Введение

Мировой рынок природного газа в середине 2020-х годов находится в состоянии глубокой структурной перестройки. Ее содержание определяется одновременным действием нескольких групп факторов: изменением географии спроса и предложения, сокращением части традиционных трубопроводных потоков, ускоренным вводом новых мощностей по сжижению и регазификации газа, ростом роли азиатских потребителей, усилением геополитической неопределенности и постепенным ужесточением требований к углеродной и метановой интенсивности поставок. В этих условиях сжиженный природный газ давно перестал быть вспомогательным элементом газовой торговли – сегодня это один из главных инструментов, обеспечивающих гибкость мирового рынка. В 2024 г. мировая торговля СПГ выросла до 411,24 млн т (+2,4% к предыдущему году), а поставки связали 22 экспортирующих и 48 импортирующих рынков [13]. В 2025 г. рост предложения ускорился ещё больше: по оценке Международного энергетического агентства, мировое производство СПГ увеличилось почти на 7%, причём основной прирост пришёлся на вторую половину года [14].

Изменение роли СПГ меняет и саму логику управления поставками. Трубопроводный газ поставляется по фиксированной инфраструктуре и долгосрочным межстрановым связям, а СПГ можно перенаправлять между регионами, менять терминал приёмки, сочетать долгосрочные и спотовые контракты. Но такая гибкость не возникает сама по себе – она держится на управленческих решениях: резервных маршрутах, доступе к газовозам, свободной пропускной способности терминалов, согласованности графиков производства и отгрузки, условиях контрактов, качестве прогноза спроса и цен и способности участников цепи быстро реагировать на изменения внешней среды.

Для России проблема управления логистическими цепями СПГ имеет особое значение. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года предусматривает рост производства СПГ с 32,339 млн т в 2023 г. до 90–105 млн т в 2030 г., 110–130 млн т в 2036 г. и 110–175 млн т в 2050 г. В числе первоочередных мер названы развитие крупно-, средне- и малотоннажных проектов, создание центров перевалки и хранения СПГ, обеспечение проектов специализированным флотом газовозов, локализация технологий и кооперация с дружественными странами в развитии газотранспортной инфраструктуры [12]. Следовательно, достижение стратегических ориентиров зависит не только от ввода новых производственных мощностей, но и от способности сформировать устойчивые, экономически эффективные и адаптивные цепи поставок.

Современные российские исследования подтверждают усиление значимости логистической составляющей. В работах, посвященных конъюнктуре мирового рынка СПГ, отмечается необходимость адаптации транспортной логистики к санкционным ограничениям и изменению направлений торговли [2]. Исследования рисков цепей поставок топливно-энергетического комплекса выделяют финансовые, операционные, экологические, политические и технологические группы рисков, требующие системного управления [3]. Отдельное направление научной дискуссии связано с использованием Северного морского пути как фактора конкурентоспособности российского СПГ и с диверсификацией каналов монетизации природного газа Арктической зоны [5; 10]. Вместе с тем остается актуальной задача объединения рыночных, инфраструктурных и риск-ориентированных аспектов в единую управленческую модель логистической цепи СПГ.

Цель исследования – разработка подхода к управлению логистическими цепями СПГ, обеспечивающего их адаптивность и устойчивость в условиях трансформации энергетических рынков. Для этого анализируются изменения рынков и структура цепи поставок, систематизируются риски, формируется система критериев оценки логистических конфигураций и предлагается механизм адаптивного управления для российских СПГ-проектов.

Материалы и методы

Информационную базу исследования составили научные публикации российских авторов 2023–2026 гг. о рынке СПГ, рисках цепей поставок, арктической логистике, международном сотрудничестве и технологиях [1–11; 15–18], Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года [12] и аналитические материалы International Gas Union и International Energy Agency [13; 14].

Использованы системный и сравнительный анализ, контент-анализ научных и стратегических документов, структурно-функциональное моделирование цепи, классификация рисков и сценарный анализ. Производственная, транспортная, инфраструктурная, контрактная и рыночная подсистемы рассматриваются как взаимозависимые. Сравнительный анализ применялся для оценки географии торговли и альтернативных логистических конфигураций. Факторы трансформации сгруппированы по рыночному, геополитическому, инфраструктурному, технологическому, экологическому и операционному направлениям.

В основе подхода лежит адаптивное управление: целевая конфигурация цепи регулярно пересматривается с учетом внешней среды. Из допустимых альтернатив выбирается решение, минимизирующее совокупные логистические потери при сохранении надежности поставок и возможности последующей реконфигурации.

Результаты

Трансформация рынка СПГ носит структурный характер. Во-первых, расширяется емкость рынка; в 2024 г. Россия оставалась четвертым крупнейшим экспортером СПГ [13]. Российские исследования связывают рост доли СПГ с мобильностью морских поставок, развитием регазификационной инфраструктуры и снижением относительной роли части трубопроводных маршрутов [1].

Во-вторых, усиливается взаимосвязанность региональных рынков. В 2025 г. корреляция европейских и азиатских ценовых индикаторов достигла рекордного уровня, что Международное энергетическое агентство связывает с ростом доли поставок СПГ, не жестко привязанных к одному рынку назначения [14]. Для логистического управления это означает, что решения о направлении партий СПГ все в большей степени зависят от межрегионального ценового спреда, стоимости фрахта, наличия свободных терминальных мощностей и контрактных ограничений.

В-третьих, формируется новая волна предложения. В 2025 г. более 90 млрд куб. м в год новых мощностей по сжижению получили окончательные инвестиционные решения, причем более 80 млрд куб. м пришлось на проекты США [14]. Следовательно, в среднесрочной перспективе конкуренция между поставщиками будет усиливаться не только по цене ресурса, но и по качеству логистического сервиса: предсказуемости графика, способности быстро изменить рынок назначения, надежности флота, экологическим характеристикам и доступности инфраструктуры.

В-четвертых, российский рынок развивается в условиях одновременного наличия значительного ресурсного потенциала и ограничений по отдельным технологиям, оборудованию, финансированию и морской логистике. Исследования технологических перспектив российских СПГ-проектов подчеркивают необходимость развития отечественных решений по сжижению и загрузочной инфраструктуре [7]. Крюков отмечает, что регионализация и санкционное давление стимулируют формирование в России более полных СПГ-цепочек создания стоимости и новых форм внутренней монетизации газа [11].

Специфика СПГ определяется технологической связанностью этапов цепи: добыча и подготовка газа, сжижение, хранение в криогенных резервуарах, погрузка, морская доставка, регазификация либо передача в распределительную систему. Сбой распространяется на последующие звенья: нехватка флота задерживает отгрузку, переполняются резервуары, а срыв контрактного графика оборачивается финансовыми потерями.

В управлении цепью удобно разграничивать три взаимосвязанных контура. Физический контур охватывает движение газа и СПГ между производственными, складскими и транспортными объектами. Информационный контур отвечает за прогнозирование, диспетчеризацию, мониторинг судов, контроль запасов и обмен данными между участниками. Контрактно-финансовый контур закрепляет обязательства по объемам, срокам, пунктам назначения, ценовым формулам, фрахту и распределению рисков. Управление работает эффективно только тогда, когда все три контура синхронизированы.

Отдельного внимания заслуживает морская транспортировка. Для арктических проектов протяженность маршрута и сезонность навигации напрямую сказываются на экономике поставок. Северный морской путь может сократить расстояние до рынков Северо-Восточной Азии, но требует специализированного флота, ледокольного сопровождения, учета ледовой обстановки и резервных схем перевалки [5; 9]. Поэтому оценивать СМП только по расстоянию в сравнении с маршрутом через Суэцкий канал неверно: нужно учитывать стоимость судо-суток, ледовый класс, сезонную доступность, вероятность задержек и цену перенаправления груза.

Санкционные ограничения усиливают потребность в резервировании: российским компаниям приходится перестраивать транспортную логистику и искать новые каналы поставок [2]. Поэтому наряду со стоимостью в штатном режиме оценивается способность цепи работать при отказе критического элемента.

Рыбина, Можаев и Россинская выделяют финансовые, операционные, экологические, политические и технологические риски цепей поставок ТЭК [3]. Для СПГ их последствия усиливаются капиталоемкостью инфраструктуры и жесткой координацией по времени: закрытие порта одновременно увеличивает срок доставки, расходы на фрахт и риск срыва контракта.

Для выбора логистической конфигурации предлагается многокритериальная оценка экономичности, надежности, времени, гибкости, технологической устойчивости и экологической приемлемости.

Интегральная оценка может быть представлена взвешенной суммой нормированных частных критериев. Веса меняются вместе с рыночным режимом: в спокойной обстановке преобладает стоимость, при санкционных или инфраструктурных ограничениях – надежность и гибкость, при ужесточении экологического регулирования возрастает значение углеродной и метановой интенсивности. Это позволяет учитывать потери, которые делают дешевую схему неэффективной после реализации риска.

Экологический фактор становится самостоятельным элементом управления цепью. Гагулина и Селезнева показывают возрастающую роль учета углеродного следа в международной торговле СПГ [6]. Копытин и Иллерицкий дополнительно обосновывают влияние метанового регулирования на конкурентоспособность поставщиков и необходимость учета метаноинтенсивности производства и транспортировки [8]. Следовательно, экологические параметры должны учитываться не постфактум в отчетности, а непосредственно при выборе логистической конфигурации.

При диверсификации рынков экологический профиль поставки влияет на ее коммерческие перспективы: требования юрисдикции, транспортное плечо и способ перевалки меняют ценность одной и той же партии.

Отдельным направлением является диверсификация каналов монетизации газа. Дебердиева и Шорохов предлагают методический подход к обоснованию альтернативных каналов поставок природного газа Арктической зоны, включая трубопроводный экспорт, СПГ и иные направления переработки [10]. Применительно к управлению цепью СПГ это означает, что оценивать нужно не только альтернативные маршруты уже произведенного СПГ, но и более широкий набор вариантов распределения сырьевого потока между производственными и сбытовыми каналами.

Адаптивное управление представляет собой непрерывный пятиэтапный цикл, в котором исходный план пересматривается по мере изменения рыночных и операционных условий.

Первый этап – мониторинг рыночных и операционных параметров: ценовых индикаторов, спроса на основных рынках, доступности флота, ставок фрахта, загрузки терминалов, ледовой и погодной обстановки, регуляторных изменений, ограничений по контрагентам. Без единой информационной среды, где коммерческие и логистические данные сводятся воедино, этот мониторинг мало что дает.

Второй этап – проверка устойчивости действующей цепи. Критическим считается элемент, отказ которого нельзя вовремя компенсировать; для каждого такого элемента подбирается резерв – запасное судно, терминал, порт, поставщик сервиса, маршрут или рынок сбыта. Итог этапа – карта уязвимостей.

На третьем этапе собирают набор допустимых логистических конфигураций, причем не только оптимистичный и базовый варианты – обязательно и стресс-сценарии: закрытие терминала, рост фрахта, ограничение доступа к рынку, задержка производства, ухудшение ледовой обстановки. Для каждой альтернативы рассчитывают экономичность, надежность, скорость, гибкость, технологическую устойчивость и экологическую приемлемость.

Четвертый этап – выбор решения по принципу «минимально приемлемой устойчивости»: более дешевый вариант отклоняется, если он не дотягивает до установленных порогов надежности и гибкости. Оставшиеся альтернативы ранжируются уже по интегральной оценке.

Пятый этап – контроль фактических результатов и, если нужно, корректировка весов критериев. Если фактические отклонения по срокам, стоимости или рискам систематически превышают плановые значения, модель управления должна пересматриваться. Тем самым обеспечивается накопление организационного опыта и повышение качества последующих решений.

Таблица 1

Ключевые направления трансформации рынка СПГ и их управленческие последствия

Фактор	Воздействие на цепь	Приоритет управления
Рост мирового предложения СПГ	Усиление конкуренции	Полная стоимость, надежность и гибкость
Смещение спроса в Азию	Изменение географии потоков	Восточные маршруты и долгосрочные связи
Ценовая взаимосвязанность	Перераспределение партий	Сценарное планирование и фрахт
Санкционные ограничения	Ограничение флота, сервисов, расчетов	Резервирование и диверсификация
Экологическое регулирование	Учет метана и углеродной интенсивности	Экологические критерии выбора
Арктическая логистика	Сезонные маршруты в АТР	Ледовые ограничения и перевалка

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Риски логистической цепи СПГ и возможные управленческие реакции

Группа риска	Проявление	Управленческая реакция
Рыночные	Изменение цен и спроса	Портфель контрактов и сценарное распределение
Транспортные	Дефицит газовозов, рост фрахта	Долгосрочный фрахт и резерв флота
Инфраструктурные	Ограничение терминалов	Резервирование слотов
Технологические	Недоступность оборудования	Локализация и критические запасы
Геополитические	Санкции и ограничения портов	Диверсификация контрагентов
Экологические	Новые требования к метану и CO2	Мониторинг эмиссий

Группа риска	Проявление	Управленческая реакция
Природно-климатические	Ледовая обстановка и штормы	Сезонное планирование

Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Система критериев оценки логистической конфигурации поставок СПГ

Критерий	Пример показателей	Целевая логика
Экономичность	Полная стоимость, фрахт, перевалка, штрафы	Минимизация совокупных затрат
Надежность	Выполнение графика, резервные мощности	Снижение вероятности срыва
Время	Рейс, ожидание терминала, вариативность	Стабилизация lead time
Гибкость	Число рынков и альтернативных терминалов	Повышение адаптивности
Технологическая устойчивость	Сервис и критические комплектующие	Снижение зависимости
Экологическая приемлемость	Метановая интенсивность, выбросы	Сохранение доступа к рынкам

Источник: составлено авторами.

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что конкурентоспособность поставщика зависит от доступных альтернатив. Для российских проектов это требует согласованного развития партнерств, инфраструктуры и технологической базы.

Диверсификация должна охватывать рынки, порты, терминалы, перевозчиков, контрактные модели, технологических поставщиков и финансовые каналы. Жуков отмечает значение международного сотрудничества и инвестиций для крупных российских СПГ-проектов [4]. Сеть партнерств должна позволять продолжать поставки при ограничении одного из направлений.

Транспортную инфраструктуру нужно планировать одновременно с производством. Энергетическая стратегия до 2050 года связывает рост выпуска СПГ с обеспечением газовозами, развитием перевалки, хранения и кооперации с дружественными странами [12]. Иначе возникает «запертая» производительность: газ произведен, но своевременно вывести его на рынок невозможно.

В арктических проектах СМП следует включать в портфель маршрутов вместе с западным направлением и перевалочными схемами. Назимов связывает его конкурентные преимущества с модернизацией портов, ледокольного флота, сервисов и цифровизацией [5], а Григорьев подчеркивает необходимость согласованных решений по всем звеньям цепи [9].

Технологическая автономность снижает риск остановки выпуска и срыва графика. Исследования российской СПГ-отрасли обосновывают развитие отечественных технологий сжижения, оборудования и сервисной базы [7; 11; 18]. Поэтому в управление цепью должны входить запасы критических комплектующих, сервисные компетенции и альтернативные поставщики.

Учет углеродного следа и метановых выбросов становится условием доступа на рынок [6; 8]. Оценка должна охватывать не только производство, но и маршрут, режим эксплуатации судна, перевалку и потери продукта.

Цифровизация обеспечивает сквозную видимость цепи: единый информационный контур объединяет производственный план, запасы, позиции судов и сроки прибытия, доступность терминалов, котировки и контрактные ограничения. Без этого решение о перенаправлении партии может запоздать и потерять экономический смысл.

На уровне компании механизм задает порядок выбора маршрута и рынка назначения; на уровне портфеля проектов помогает выявлять нехватку флота, терминальных мощностей, ледокольного обеспечения и сервисной базы.

Дальневосточное направление – один из каналов развития экспортной логистики, что подтверждают исследования поставок СПГ в Китай [15]. Переориентация требует перестройки портовой и транспортной инфраструктуры, контрактов, финансовых механизмов и систем планирования.

Европейский рынок сохраняет влияние на ценообразование и маршрутизацию, но перспективы российского СПГ зависят от санкционного и регуляторного режима [17]. Поэтому альтернативный рынок может быть стратегически ценен даже при меньшей текущей маржинальности.

Вопиловский связывает освоение ресурсов российской Арктики с формированием отечественных технологических компетенций [18]. Для СПГ-проектов это особенно существенно там, где зависимость от единственного поставщика оборудования или сервиса способна остановить всю цепь.

Модель носит концептуально-методический характер и нуждается в проверке на данных конкретных СПГ-проектов. Для количественной апробации необходимы сведения о фрахте, длительности рейсов, загрузке терминалов, контрактных ограничениях, экологических показателях и вероятностях рисков. Следующий шаг – экономико-математическая модель динамического выбора маршрута и рынка с учетом стохастических факторов.

Заключение

Рост роли СПГ усиливает взаимозависимость производственных, транспортных и рыночных решений. Изменения спроса, санкционные, технологические и экологические ограничения затрагивают несколько звеньев одновременно, создавая риск каскадных сбоев.

Предложенный пятиэтапный механизм связывает мониторинг, оценку устойчивости, формирование альтернатив, выбор и реализацию решения с последующим контролем. Шесть критериев позволяют сопоставлять полную стоимость поставки со способностью цепи сохранять работоспособность. Принцип минимально приемлемой устойчивости исключает дешевые варианты, не отвечающие порогам надежности и гибкости.

Для российских проектов применение механизма предполагает синхронное развитие производства и логистики, резервирование маршрутов, локализацию критических технологий и обмен данными между участниками. Эти направления соответствуют Энергетической стратегии Российской Федерации до 2050 года [12].

Результаты могут использоваться компаниями при стратегическом и операционном планировании поставок, а органами отраслевого управления – при выборе приоритетов развития транспортно-логистической инфраструктуры.

Литература

1. Яровова Т.В., Каурова Е.А. СПГ как фактор трансформации мирового газового рынка // Экономические науки. – 2024. – № 10 (239). – С. 366–372. – DOI: 10.14451/1.239.366.
2. Шамьянов Р.Р., Коваленко А.И. Конъюнктура мирового рынка СПГ в условиях санкционного давления // Современная конкуренция. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 104–117. – DOI: 10.37791/2687-0657-2024-18-2-104-117.
3. Рыбина Г.А., Можаев М.С., Россинская М.В. Риски в цепях поставок топливно-энергетического комплекса // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 19–28. – DOI: 10.12737/2306-627X-2025-14-1-19-28.
4. Жуков О.В. Экономические перспективы международного сотрудничества при реализации проектов производства сжиженного природного газа в России // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 449–468. – DOI: 10.18334/epp.14.2.120527.
5. Назимов А.Т. Северный морской путь как конкурентное преимущество России на рынке СПГ // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 3. – С. 8–18. – DOI: 10.54861/27131211_2025_3_8.
6. Гагулина Н.Л., Селезнева М.А. Роль учета углеродного следа в международной торговле сжиженным природным газом // Экономика. Право. Инновации. – 2023. – № 3. – С. 29–36. – DOI: 10.17586/2713-1874-2023-3-29-36.
7. Баранов А.Ю., Соколова Е.В., Иванов Л.В., Иконникова А.Ю. Перспективы развития технологий СПГ в Российской Федерации // Вестник Международной академии холода. – 2023. – № 1. – С. 23–34. – DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-23-34.
8. Копытин И.А., Иллерицкий Н.И. Метановое регулирование как фактор конкурентоспособности на рынке СПГ // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. – 2025. – № 3. – С. 14–24. – DOI: 10.20542/afij-2025-3-14-24.
9. Григорьев М.Н. Многое придется менять. Перспективы арктического СПГ зависят от конструктивных переговоров по всем звеньям логистических цепочек // Газовый бизнес. – 2024. – № 1. – С. 32–40.
10. Дебердиева Е.М., Шорохов А.Н. Диверсификация каналов поставок природного газа Арктической зоны России: методический подход к обоснованию альтернатив // Московский экономический журнал. – 2025. – № 10. – С. 193–220. – DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_10_233.
11. Крюков Я.В. Российская СПГ-отрасль: причины становления и направления развития // ЭКО. – 2026. – Т. 56, № 1. – С. 74–92. – DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2026-1-74-92.
12. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.04.2025 № 908-р [Электронный ресурс]. – URL: https://government.ru/docs/54754/ (дата обращения: 01.09.2026).
13. 2025 World LNG Report [Electronic resource] // International Gas Union. – 2025. – URL: https://www.igu.org/igu-reports/2025-world-lng-report (accessed: 07.09.2026).
14. Gas Market Report, Q1-2026 [Electronic resource] // International Energy Agency. – 2026. – URL: https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q1-2026 (accessed: 29.08.2026).
15. Захаров А.Н., Карпова А.А. Дальневосточное производство СПГ и его экспорт в КНР // Российский внешнеэкономический вестник. – 2023. – № 3. – С. 53–66. – DOI: 10.24412.2072-8042-2023-3-53-66.
16. Крюков Я.В. Риски функционирования российской газовой отрасли в новейших условиях // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. – 2024. – № 2 (36). – С. 71–92. – DOI: 10.25587/2310-5453-2024-2-71-92.
17. Бойко А.А., Ильюшин И.Е. Перспективы РФ на европейском рынке СПГ в условиях санкций // Современная Европа. – 2025. – № 1 (129). – С. 82–95. – DOI: 10.31857/S0201708325010073.
18. Вопиловский С.С. Формирование технологического суверенитета в реализации стратегий освоения углеводородных месторождений российской Арктики // Арктика и Север. – 2024. – № 57. – С. 49–63. – DOI: 10.37482/issn2221-2698.2024.57.49.

Management of liquefied natural gas supply chains amid the transformation of energy markets

Shaban A.P., Zhukov V.V., Skvortsov A.V.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Aurora Logistics JSC

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the management of liquefied natural gas (LNG) supply chains amid the structural transformation of global and regional energy markets. It is shown that the growing role of LNG in international gas trade increases the complexity of supply-chain configuration and raises requirements for transport flexibility, LNG carrier availability, terminal infrastructure and the ability to redirect cargoes between markets. The study systematizes market, geopolitical, infrastructure, technological, environmental and operational factors affecting LNG logistics. A multi-criteria framework is proposed for evaluating alternative logistics configurations in terms of cost efficiency, reliability, lead time, flexibility, technological resilience and environmental acceptability. The main result is an adaptive supply-chain management mechanism based on continuous monitoring, resilience assessment, generation of alternative configurations, decision selection, implementation and feedback control. Priority areas for Russian LNG projects include synchronized development of production and transport infrastructure, specialized fleet availability, Northern Sea Route development, route diversification, localization of critical technologies and end-to-end digital supply-chain visibility.

Keywords: liquefied natural gas, LNG, management, logistics, supply chains, energy market, supply chain resilience, Northern Sea Route, risks.

References

1. Yarovova T.V., Kaurova E.A. SPG kak faktor transformatsii mirovogo gazovogo rynka [LNG as a factor in the transformation of the global gas market]. Ekonomicheskie nauki. 2024. No. 10 (239). Pp. 366–372. DOI: 10.14451/1.239.366. (In Russ.).
2. Shamyanov R.R., Kovalenko A.I. Konyunktura mirovogo rynka SPG v usloviyakh sanktsionnogo davleniya [The global LNG market under sanctions pressure]. Sovremennaya konkurentsiya. 2024. Vol. 18, No. 2. Pp. 104–117. DOI: 10.37791/2687-0657-2024-18-2-104-117. (In Russ.).
3. Rybina G.A., Mozhaev M.S., Rossinskaya M.V. Riski v tsepyakh postavok toplivno-energeticheskogo kompleksa [Risks in the supply chains of the fuel and energy complex]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika firmy. 2025. Vol. 14, No. 1. Pp. 19–28. DOI: 10.12737/2306-627X-2025-14-1-19-28. (In Russ.).
4. Zhukov O.V. Ekonomicheskie perspektivy mezhdunarodnogo sotrudnichestva pri realizatsii proektov proizvodstva szhizhennogo prirodnogo gaza v Rossii [Economic prospects for international cooperation in the implementation of liquefied natural gas production projects in Russia]. Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo. 2024. Vol. 14, No. 2. Pp. 449–468. DOI: 10.18334/epp.14.2.120527. (In Russ.).
5. Nazimov A.T. Severnyi morskoi put kak konkurentnoe preimushchestvo Rossii na rynke SPG [The Northern Sea Route as Russia's competitive advantage in the LNG market]. Progressivnaya ekonomika. 2025. No. 3. Pp. 8–18. DOI: 10.54861/27131211_2025_3_8. (In Russ.).
6. Gagulina N.L., Selezneva M.A. Rol ucheta uglerodnogo sleda v mezhdunarodnoi torgovle szhizhennym prirodnym gazom [The role of carbon footprint accounting in international trade in liquefied natural gas]. Ekonomika. Pravo. Innovatsii. 2023. No. 3. Pp. 29–36. DOI: 10.17586/2713-1874-2023-3-29-36. (In Russ.).
7. Baranov A.Yu., Sokolova E.V., Ivanov L.V., Ikonnikova A.Yu. Perspektivy razvitiya tekhnologii SPG v Rossiiskoi Federatsii [Prospects for the development of LNG technologies in the Russian Federation]. Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2023. No. 1. Pp. 23–34. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-23-34. (In Russ.).
8. Kopytin I.A., Illeritskii N.I. Metanovoe regulirovanie kak faktor konkurentosposobnosti na rynke SPG [Methane regulation as a factor of competitiveness in the LNG market]. Analiz i prognoz. Zhurnal IMEMO RAN. 2025. No. 3. Pp. 14–24. DOI: 10.20542/afij-2025-3-14-24. (In Russ.).
9. Grigorev M.N. Mnogoe pridetsya menyat. Perspektivy arkticheskogo SPG zavisyat ot konstruktivnykh peregovorov po vsem zvenyam logisticheskikh tsepochek [Much will have to change. The prospects for Arctic LNG depend on constructive negotiations across all links of logistics chains]. Gazovyi biznes. 2024. No. 1. Pp. 32–40. (In Russ.).
10. Deberdieva E.M., Shorokhov A.N. Diversifikatsiya kanalov postavok prirodnogo gaza Arkticheskoi zony Rossii: metodicheskii podkhod k obosnovaniyu alternativ [Diversification of natural gas supply channels in the Russian Arctic Zone: a methodological approach to substantiating alternatives]. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal. 2025. No. 10. Pp. 193–220. DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_10_233. (In Russ.).
11. Kryukov Ya.V. Rossiiskaya SPG-otrasl: prichiny stanovleniya i napravleniya razvitiya [The Russian LNG industry: reasons for its emergence and development directions]. EKO. 2026. Vol. 56, No. 1. Pp. 74–92. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2026-1-74-92. (In Russ.).
12. Energeticheskaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2050 goda: utv. rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 12.04.2025 No. 908-r [Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2050: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 908-r dated April 12, 2025]. [Electronic resource]. Available at: Government of the Russian Federation (accessed: 01.09.2026). (In Russ.).
13. 2025 World LNG Report [Electronic resource]. International Gas Union. 2025. Available at: International Gas Union – 2025 World LNG Report (accessed: 07.09.2026).
14. Gas Market Report, Q1-2026 [Electronic resource]. International Energy Agency. 2026. Available at: International Energy Agency – Gas Market Report, Q1-2026 (accessed: 29.08.2026).
15. Zakharov A.N., Karpova A.A. Dalnevostochnoe proizvodstvo SPG i ego eksport v KNR [Far Eastern LNG production and its exports to China]. Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik. 2023. No. 3. Pp. 53–66. DOI: 10.24412.2072-8042-2023-3-53-66. (In Russ.).
16. Kryukov Ya.V. Riski funktsionirovaniya rossiiskoi gazovoi otrasli v noveishikh usloviyakh [Risks of the Russian gas industry functioning under the new conditions]. Arktika XXI vek. Gumanitarnye nauki. 2024. No. 2 (36). Pp. 71–92. DOI: 10.25587/2310-5453-2024-2-71-92. (In Russ.).
17. Boiko A.A., Ilyushin I.E. Perspektivy RF na evropeiskom rynke SPG v usloviyakh sanktsii [Prospects of the Russian Federation in the European LNG market under sanctions]. Sovremennaya Evropa. 2025. No. 1 (129). Pp. 82–95. DOI: 10.31857/S0201708325010073. (In Russ.).
18. Vopilovskii S.S. Formirovanie tekhnologicheskogo suvereniteta v realizatsii strategii osvoeniya uglevodorodnykh mestorozhdenii rossiiskoi Arktiki [Formation of technological sovereignty in implementing strategies for the development of hydrocarbon fields in the Russian Arctic]. Arktika i Sever. 2024. No. 57. Pp. 49–63. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2024.57.49. (In Russ.).

Сравнительный анализ эффективности деофшоризационных мер в России и странах ЕАЭС: влияние на национальный инвестиционный климат

Шипов Сергей Никитич
аспирант, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, sergei_shipov@mail.ru

Настоящая статья посвящена сравнительному анализу эффективности деофшоризационных мер и их влияния на национальный инвестиционный климат России, Беларуси и Казахстана. В процессе исследования автором были сопоставлены изменения антиофшорного законодательства и динамика прямых иностранных инвестиций (входящих и исходящих), выявлены различия в реализуемой политике. Показано, что Россия и Казахстан сочетают налоговую деофшоризацию с редомициляцией бизнеса, а в Беларуси применяются преимущественно офшорный сбор и контроль трансфертных цен. Сделан вывод, что реакцией на введение деофшоризационных мер является рост притока капитала, причем эффективность деофшоризационных мер как средства стимулирования инвестиций по результатам анализа не была подтверждена. Общая для рассматриваемых стран тенденция к длительному сокращению ПИИ вслед за усилением налогового контроля не выявлена. Сделано предположение, что проведение деофшоризации совместимо с сохранением притока иностранного капитала, но не гарантирует улучшения национального инвестиционного климата.
Ключевые слова: офшорный бизнес, офшорные юрисдикции, деофшоризация, редомициляция бизнеса, прямые иностранные инвестиции.

Введение

Офшорные юрисдикции используются бизнесом для снижения налоговой нагрузки и сохранения конфиденциальности сведений о владельцах активов. Если для отдельных компаний использование офшоров позволяет получать дополнительные выгоды, то для государств, на территории которых эти компании ведут хозяйственную деятельность, это создаёт риски потери налоговых поступлений и затрудняет установление конечных владельцев бизнеса. Для защиты налоговой базы и раскрытия сведений о бенефициарах государства проводят политику деофшоризации. В России курс на проведение политики деофшоризации был обозначен в Послании Президента Федеральному Собранию от 2012 года. В дальнейшем были введены правила налогообложения прибыли контролируемых иностранных компаний, а также созданы специальные административные районы, позволяющие иностранным компаниям перейти под российскую юрисдикцию [13].

Меры деофшоризации меняют условия трансграничного инвестирования, поскольку связаны с дополнительными налоговыми и административными издержками для компаний. К примеру, уведомление налоговых органов о контролируемых иностранных компаниях, расчёт их прибыли и подготовка подтверждающих документов требуют дополнительных временных затрат, а в ряде случаев – привлечения внешних консультантов [8]. Одновременно с расширением ресурсной базы банков и возможностей кредитования бизнеса деофшоризация может способствовать возврату части капитала в национальную финансовую систему [1].

Влияние деофшоризационных мер на инвестиционный климат зависит от соотношения дополнительных издержек для компаний и стимулов к возвращению капитала в национальную юрисдикцию. Одним из таких стимулов выступают специальные правовые и налоговые режимы, ориентированные на редомициляцию бизнеса. Различия в составе и механизмах применения деофшоризационных мер определяют необходимость сопоставления их влияния на инвестиционные условия. Цель исследования заключается в оценке влияния деофшоризационных мер на национальный инвестиционный климат государств ЕАЭС.

Результаты и обсуждение

В исследовании деофшоризация понимается как сокращение использования иностранных структур для вывода прибыли из-под национального налогообложения и сокрытия контроля над активами. Налоговая деофшоризация и редомициляция рассматриваются отдельно, поскольку различаются по содержанию. Так, правила о контролируемых иностранных компаниях предусматривают включение зарубежной прибыли в налоговую базу контролирующего лица при соблюдении установленных законом условий. Компания при этом может сохранять иностранную регистрацию и вести деятельность за рубежом. При редомициляции она переносит регистрацию в другую юрисдикцию, продолжая существовать как то же юридическое лицо.

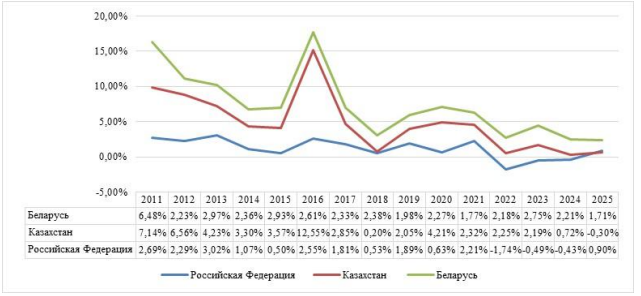
Поскольку изменение правил налогообложения зарубежной прибыли, требований к раскрытию иностранных структур и условий переноса компании в национальную юрисдикцию способно отражаться на трансграничном движении капитала [16], при оценке влияния деофшоризационных мероприятий на инвестиционный климат необходимо учитывать динамику прямых иностранных инвестиций. Данные по величине притока и оттока прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в рассматриваемых странах представлены на рис. 1–2 (с целью обеспечения сопоставимости величины инвестиций выражены в процентах к ВВП).

В России система деофшоризационных мер формировалась поэтапно и включала усиление налогового контроля, а также создание механизмов возвращения бизнеса и капитала в российскую юрисдикцию. С 1 января 2012 года начали действовать новые правила трансфертного ценообразования, установленные Федеральным законом от 18.07.2011 № 227-ФЗ [9], которые ограничили возможности использования цен в контролируемых сделках для снижения налоговых обязательств и вывода прибыли за рубеж.

Следующий этап деофшоризации в России связан с принятием Федерального закона от 24.11.2014 № 376-ФЗ [10], который установил обязанность раскрывать сведения об иностранных компаниях и ввёл правила налогообложения прибыли контролируемых иностранных компаний у российских контролирующих лиц при соблюдении предусмотренных условий. Прибыль, остававшаяся в зарубежной структуре, в ряде случаев стала учитываться при налогообложении в России. Одновременно в 2015–2016 гг. прошёл первый этап добровольного декларирования зарубежных активов, а в 2018–2019 гг. – второй [5].

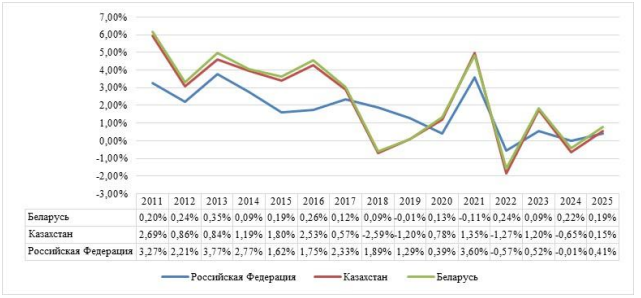
В 2018 году к налоговым мерам добавился механизм переноса иностранных компаний в российскую юрисдикцию. Федеральные законы от 03.08.2018 № 290-ФЗ и № 291-ФЗ создали правовую основу для редомициляции и деятельности специальных административных районов в Калининградской области и Приморском крае. Предполагалось, что особые условия регистрации и деятельности будут стимулировать компании, зарегистрированные

за рубежом, к переходу в российскую юрисдикцию. Во время третьего этапа добровольного декларирования, проходившего с июня 2019 г. по февраль 2020 г., получение предусмотренных законом гарантий было связано в том числе с возвратом денежных средств и редомициляцией заявленных контролируемых иностранных компаний [12].



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Беларусь	6,48%	2,23%	2,97%	2,36%	2,93%	2,61%	2,33%	2,38%	1,98%	2,27%	1,77%	2,18%	2,75%	2,21%	1,71%
Казахстан	7,14%	6,56%	4,23%	3,30%	3,57%	12,55%	2,85%	0,20%	2,05%	4,21%	2,32%	2,25%	2,19%	0,72%	-0,30%
Российская Федерация	2,69%	2,29%	3,02%	1,07%	0,50%	2,55%	1,81%	0,53%	1,89%	0,63%	2,21%	-1,74%	-0,49%	-0,43%	0,90%

Рис 1. Прямые иностранные инвестиции, чистый приток (% от ВВП)
Источник: составлено автором по данным [17]



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Беларусь	0,20%	0,24%	0,35%	0,09%	0,19%	0,26%	0,12%	0,09%	-0,01%	0,13%	-0,11%	0,24%	0,09%	0,22%	0,19%
Казахстан	2,69%	0,86%	0,84%	1,19%	1,80%	2,53%	0,57%	-2,59%	-1,20%	0,78%	1,35%	-1,27%	1,20%	-0,65%	0,15%
Российская Федерация	3,27%	2,21%	3,77%	2,77%	1,62%	1,75%	2,33%	1,89%	1,29%	0,39%	3,60%	-0,57%	0,52%	-0,01%	0,41%

Рис. 2. Прямые иностранные инвестиции, чистый отток капитала (% от ВВП)
Источник: составлено автором по данным [17]

С 2021 года начали применяться изменения соглашений об избежании двойного налогообложения с Кипром и Мальтой, которые предусматривали повышение ставки налога у источника на дивиденды и проценты до 15% с отдельными исключениями. Тем самым сокращались налоговые преимущества выплаты доходов через компании, зарегистрированные в этих юрисдикциях [14]. В 2022–2023 гг. состоялся четвёртый этап добровольного декларирования, в рамках которого гарантии в отношении денежных средств и финансовых активов предоставлялись при соблюдении условий их перевода на российские счета [11].

Российская политика деофшоризации объединила меры налогового контроля с механизмами раскрытия зарубежных активов, возврата капитала и редомициляции бизнеса, но данные статистики (рис. 3) не позволяют сделать однозначный вывод о влиянии этих мер на прямые иностранные инвестиции. После введения правил КИК исходящий поток ПИИ сократился с 57,08 млрд долл. в 2014 году до 22,09 млрд долл. в 2015 году. Одновременно входящий поток уменьшился с 22,03 до 6,85 млрд долл. В 2019 году, после создания специальных административных районов, входящие ПИИ выросли с 8,78 до 31,97 млрд долл., тогда как исходящие сократились с 31,38 до 21,92 млрд долл. Такое изменение показателей соответствует направленности мер на возврат капитала, однако само по себе не позволяет установить причинную связь между введением деофшоризационных инструментов и динамикой ПИИ.

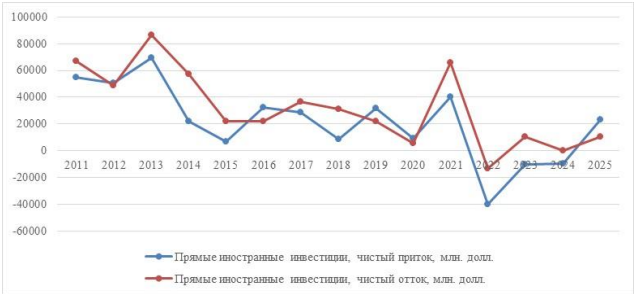


Рис. 3. Показатели чистого притока и чистого оттока прямых иностранных инвестиций в России, млн. долл.
Источник: составлено автором по данным [17]

В последующие годы устойчивого увеличения притока инвестиций не наблюдалось, на что повлияли санкционные ограничения и выход иностранных собственников из российских активов.

Казахстан, как и Россия, сочетает налоговый контроль зарубежных операций с мерами, позволяющими раскрыть активы и перевести бизнес в национальную юрисдикцию. Контроль трансфертных цен осуществляется на основании закона от 5 июля 2008 года № 67-IV. В 2014–2016 гг. проводилась легализация имущества и денег, включая зарубежные активы [3]. По своему функциональному назначению программа близка к российскому добровольному декларированию: участники получают возможность оформить ранее неучтённое имущество при соблюдении установленных условий.

С 2018 года начали применяться положения нового Налогового кодекса Казахстана о прибыли контролируемых иностранных компаний. Как и российские правила КИК, действующие с 2015 года, положения нового Налогового кодекса Казахстана предусматривают учёт зарубежной прибыли при налогообложении контролирующего лица и раскрытие сведений об иностранных структурах [4]. В декабре 2021 г. Казахстан приступил к автоматическому обмену информацией о финансовых счетах с другими государствами.

Налоговые меры деофшоризации в Казахстане дополнились возможностью редомициляции, предусмотренной правилами Международного финансового центра «Астана» (МФЦА), начавшего работу в 2018 г. Компании, зарегистрированные за рубежом, получили возможность перенести регистрацию в МФЦА, сохранив свою юридическую идентичность, имущество и обязательства [2]. В России в том же году механизм редомициляции был введён для компаний, переходящих в специальные административные районы.

Представленные на рис. 4 данные о ПИИ не показывают устойчивого роста инвестиций после принятия мер деофшоризации. В Казахстане завершение легализации совпало с увеличением чистого притока до 17,22 млрд долларов в 2016 г., но уже в 2017 г. приток сократился до 4,76 млрд долларов. После начала работы МФЦА приток вырос с 0,35 млрд долларов в 2018 г. до 7,21 млрд долларов в 2020 г., но рост не оказался длительным трендом.

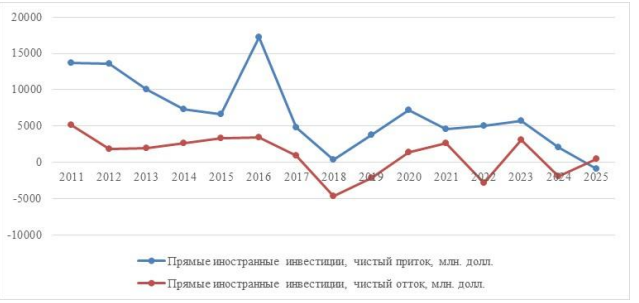


Рис. 4. Показатели чистого притока и чистого оттока прямых иностранных инвестиций в Казахстане, млн. долл.
Источник: составлено автором по данным [17]

По сравнению с Россией Казахстан сохранял положительный чистый приток ПИИ дольше, что позволяет говорить о более благоприятной динамике входящих инвестиций в Казахстане. Хотя имеющиеся данные не дают оснований считать инвестиционный эффект деофшоризации в Казахстане более сильным, чем в России, в обеих юрисдикциях налоговые требования были дополнены возможностью переноса компаний в национальную юрисдикцию, однако устойчивого увеличения притока ПИИ вслед за применяемыми мерами по деофшоризации изменениями не наблюдается.

В Беларуси отдельные меры налоговой деофшоризации начали применять ещё в 2000 г., когда Указом Президента от 14 января 2000 г. № 17 был введён офшорный сбор, распространяющийся на платежи за определённые работы и услуги. В 2003 г. круг облагаемых операций был расширен, в него были включены перечисление средств офшорным контрагентам и отдельные неденежные расчёты [7]. Позднее с целью сокращения выгоды от использования офшорных структур порядок взимания сбора закрепили в Налоговом кодексе Республики Беларусь [6].

К числу мер налоговой деофшоризации в Беларуси также можно отнести контроль трансфертных цен, применяемый с 1 января 2012 г. Основной задачей контроля было ограничение возможности вывода прибыли за пределы Республики через занижение выручки или завышении расходов в сделках с иностранными контрагентами. Налоговые органы получили право корректировать налоговую базу в случаях, когда цена контролируемой сделки отличалась от рыночной и приводила к занижению налога на прибыль. Позднее (2016–2018 гг.), с целью ограничения возможностей уменьшения налогооблагаемой прибыли через сделки со взаимозависимыми лицами и офшорными контрагентами, включая операции через посредников, компаниям было вменено в обязанность обосновывать применяемые цены [15].

Белорусская модель отличается от российской и казахстанской: если в России и Казахстане налоговый контроль дополнен механизмами редомициляции, позволяющими перенести иностранную компанию в национальную юрисдикцию, то в Беларуси такой инструмент деофшоризационной политики не сформирован.

Анализ динамики прямых иностранных инвестиций (рис. 5) показывает, что начало применения мер по деофшоризации экономики было сопряжено с резким снижением чистого притока ПИИ: с 4 002,4 млн долларов в 2011 г. до

1 463,6 млн долларов в 2012 г. Однако по мере расширения контроля продолжительного спада величины инвестиционной активности не произошло. Чистый приток сократился с 1 652,3 млн долларов в 2015 г. до 1 246,9 млн долларов в 2016 г., но к 2018 г. он восстановился до значения в1 426,5 млн долларов. В Казахстане за сопоставимый период изменения были гораздо резче: в 2016 г., когда завершалась легализация имущества, приток достиг 17,22 млрд долларов, но уже в 2017 г. снизился до 4,76 млрд долларов.



Рис. 5. Показатели чистого притока и чистого оттока прямых иностранных инвестиций в Беларуси, млн. долл. Источник: составлено автором по данным [17]

На основании проведенного анализа можно заключить, что применение деофшоризационных мер совместимо с сохранением притока иностранных инвестиций. В России, Беларуси и Казахстане после усиления налогового контроля наблюдались периоды роста входящих ПИИ, но устойчивого увеличения их доли в ВВП не произошло (см. рис. 1 и 2). В российской практике деофшоризации были созданы возможности для возвращения бизнеса, но устойчивое превышение входящих прямых инвестиций над исходящими не стало постоянным результатом реализуемой политики.

По устойчивости привлечения ПИИ казахстанская модель не продемонстрировала преимущества перед российской. Так, завершение программы легализации имущества сопровождалось ростом чистого притока ПИИ до 12,55% ВВП в 2016 г., после чего показатель снизился до 2,85% в 2017 г. В первые годы работы МФЦА и применения обновлённых правил КИК приток восстановился с 0,20% ВВП в 2018 г. до 4,21% в 2020 г., но уже к 2024 г. входящий поток сократился до 0,72% ВВП, а в 2025 г. стал отрицательным.

Беларусь отличается более стабильным соотношением потоков. В 2012–2025 гг. чистый приток ПИИ находился в пределах 1,71–2,97% ВВП и ежегодно превышал исходящие прямые инвестиции. Офшорный сбор и расширение контроля трансфертных цен применялись при сохранении положительного входящего потока, причем заметного повышения доли ПИИ в ВВП также не наблюдается.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ показал, что проведение политики деофшоризации не сопровождается устойчивым ухудшением инвестиционного климата в той его части, которая отражается в динамике прямых иностранных инвестиций. Российский опыт и опыт Казахстана показывает, что сочетание ограничительных налоговых мер с механизмами переноса бизнеса в национальную юрисдикцию позволяет проводить деофшоризацию без устойчивого сокращения входящих иностранных инвестиций. Данные по белорусской модели подтверждают вывод применительно к модели деофшоризации, основанной на офшорном сборе и контроле трансфертного ценообразования. Снижение инвестиционной активности в моменте начала реализации деофшоризационных мер является краткосрочным, дальнейшее усиление контроля не приводит к продолжительному сокращению иностранных инвестиций. Следовательно, отдельные деофшоризационные меры совпадают с краткосрочным сокращением притока ПИИ, однако в последующие периоды инвестиционные потоки восстанавливаются.

Литература

1. Борзенко Е.А. Политика деофшоризации в России: дальнейшие перспективы национальной экономики // Право и государство: теория и практика. 2024. № 3(231). С. 151-153. DOI: 10.47643/1815-1337_2024_3_151.
2. Гончаренко М. А., Хомякова Л. И. Международный финансовый центр «Астана» как инструмент «мягкой силы» Казахстана и ЕАЭС // Экономика. Налоги. Право. 2020. Т. 13. № 6. С. 110–118. DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-6-110-118.
3. Закон Республики Казахстан от 5 июля 2008 года № 67-IV «О трансфертном ценообразовании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2026 г.). URL: https://prg.kz/document/?doc_id=30194061 (дата обращения: 11.09.2026).
4. Крохина Ю.А. Юридические последствия нарушений законодательства о контролируемых иностранных компаниях: опыт Российской Федерации и Республики Казахстан // Миграционное право. 2026. № 1. С. 14–17. DOI: 10.18572/2071-1182-2026-1-14-17.
5. Миронова С. М., Жемчужников А. А. Проведение амнистии капиталов в России: правовое регулирование и практика реализации // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2018. № 1 (44). С. 36–40.
6. Оффшорный сбор. URL: https://nalog.gov.by/entrepreneurs/taxes/taxes_paid_by_entrepreneurs/offshore_fee/ (дата обращения: 16.09.2026).
7. Письмо Государственного Налогового Комитета Республики Беларусь 31 марта 2000 г. N 4-1-14/2015. URL: https://allminsk.biz/o-soyuze/novosti/105-juridicheskij-otdel/vneshnjaja-torgovlja-105/1551-pismo-gosudarstvennogo-nalogovogo-komiteta-respubliki-belarus-31-marta-2000-g-N-41142015 (дата обращения: 15.09.2026).
8. Портнов Н. А. Влияние мер по деофшоризации российской экономики на инвестиционный климат // Российский внешнеэкономический вестник. 2016. № 9. С. 83–94.
9. Федеральный закон от 18.07.2011 N 227-ФЗ (ред. от 05.04.2013) "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием принципов определения цен для целей налогообложения" // СПС Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116968/ (дата обращения: 04.09.2026).
10. Федеральный закон от 24.11.2014 N 376-ФЗ (ред. от 12.11.2018) "О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации (в части налогообложения прибыли контролируемых иностранных компаний и доходов иностранных компаний и доходов иностранных организаций)" // СПС Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_171241/ (дата обращения: 06.09.2026).
11. Хамидуллин Т. Р. История развития налоговых механизмов деофшоризации экономики РФ // Human Progress. 2024. Т. 10. Вып. 12. DOI: 10.46320/2073-4506-2024-12a-24.
12. Цинделиани И.А., Безикова Е.В. Налоговые инструменты деофшоризации российской экономики на современном этапе // Вестник Томского государственного университета. Право. 2021. № 40. С. 90–104.
13. Шипов С. Н. Влияние процесса деофшоризации на инвестиционный климат России // Стратегии развития общества и экономики в новой реальности : Сборник трудов пятой международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 2023. С. 561–567.
14. Юрченко О. В., Герасименко О. А. Трансформация соглашений об избежании двойного налогообложения в условиях макроэкономической нестабильности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 4-4 (67). С. 167–169. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-4-4-167-169.
15. Chochiev A. Recent Transfer Pricing Developments in Belarus: Taking Careful Steps towards Integration into European Tax Law // International Transfer Pricing Journal. 2019. Vol. 26. No. 3. DOI: 10.59403/4q0r6k.
16. Kinda T. Investment Climate and FDI in Developing Countries: Firm-Level Evidence // World Development. 2010. Vol. 38. No. 4. P. 498–513. DOI: 10.1016/j.worlddev.2009.12.001.
17. World Development Indicators // World Bank. URL: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators# (дата обращения: 03.09.2026).

Comparative analysis of the effectiveness of deoffshorization measures in Russia and the EAEU countries: impact on the national investment climate

Shipov S.N.
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article is devoted to a comparative analysis of the effectiveness of deoffshorization measures and their impact on the national investment climate in Russia, Belarus and Kazakhstan. In the course of the research, the author compared changes in anti-offshore legislation and the dynamics of foreign direct investment (incoming and outgoing), and identified differences in the policy being implemented. It is shown that Russia and Kazakhstan combine tax deoffshorization with business redomicilation, while Belarus mainly uses offshore collection and transfer price control. It is concluded that the reaction to the introduction of deoffshorization measures is an increase in capital inflows, and the effectiveness of deoffshorization measures as a means of stimulating investment has not been confirmed by the results of the analysis. The general trend for the countries under consideration towards a prolonged reduction in FDI following increased tax control has not been revealed. It is assumed that deoffshorization is compatible with maintaining the inflow of foreign capital, but does not guarantee an improvement in the national investment climate.

Keywords: offshore business, offshore jurisdictions, deoffshorization, business redomicilation, foreign direct investment.

References

1. Borzenko E.A. Deoffshorization policy in Russia: further prospects of the national economy // Law and the State: theory and practice. "2024" No. 3(231). pp. 151-153. DOI: 10.47643/1815-1337_2024_3_151.
2. Goncharenko M. A., Khomyakova L. I. Astana International Financial Center as a tool of "soft power" of Kazakhstan and the EAEU // Economy. Taxes. Right. 2020. Vol. 13. No. 6. pp. 110-118. DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-6-110-118.
3. Law of the Republic of Kazakhstan dated July 5, 2008 No. 67-IV "On Transfer Pricing" (with amendments and additions as of 01.01.2026). URL: https://prg.kz/document/?doc_id=30194061 (accessed: 11.09.2026).
4. Krokhina Yu.A. Legal consequences of violations of legislation on controlled foreign companies: the experience of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan // Migration law. 2026. No. 1. pp. 14-17. DOI: 10.18572/2071-1182-2026-1-14-17.

5. Mironova S. M., Zhemchuzhnikov A. A. Capital amnesty in Russia: legal regulation and implementation practice // Bulletin of the Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2018. No. 1 (44). pp. 36-40.
6. Offshore collection. URL: https://nalog.gov.by/entrepreneurs/taxes/taxes_paid_by_entrepreneurs/offshore_fee / (accessed: 16.09.2026).
7. Letter of the State Tax Committee of the Republic of Belarus No. 4-1-14/2015 dated March 31, 2000. URL: https://allminsk .biz/o-soyuze/novosti/105-juridicheskij-otdel/vneshnjaja-torgovlja-105/1551-pismo-gosudarstvennogo-nalogovogo-komiteta-respubliki-belarus-31-marta-2000-g-N- 41142015 (accessed: 15.09.2026).
8. Portnov N. A. The impact of deoffshorization measures the impact of the Russian economy on the investment climate // Russian Foreign Economic Bulletin. 2016. No. 9. pp. 83-94.
9. Federal Law No. 227-FZ of 07/18/2011 (as amended on 04/05/2013) "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in connection with Improving the Principles of Determining Prices for Tax Purposes" // SPS Consultant Plus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116968 (accessed: 04.09.2026).
10. Federal Law No. 376-FZ of 11/24/2014 (as amended on 11/12/2018) "On Amendments to Parts One and Two of the Tax Code of the Russian Federation (regarding Taxation of Profits of Controlled Foreign Companies and Income of Foreign Companies and Income of Foreign Organizations)" // SPS Consultant Plus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_171241 (accessed: 06.09.2026).
11. Khamidullin T. R. The history of the development of tax mechanisms for deoffshorization of the Russian economy // Human Progress. 2024. Vol. 10. Issue. 12. DOI: 10.46320/2073-4506-2024-12a-24.
12. Tsindeliani I.A., Bezikova E.V. Tax instruments of deoffshorization of the Russian economy at the present stage // Bulletin of Tomsk State University. Right. 2021. No. 40. pp. 90-104.
13. Shipov S. N. The impact of the deoffshorization process on the investment climate in Russia // Strategies for the development of society and the economy in the new reality : Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2023. pp. 561-567.
14. Yurchenko O. V., Gerasimenko O. A. Transformation of double taxation agreements in the context of macroeconomic instability // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2022. No. 4-4 (67). pp. 167-169. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-4-4-167-169.
15. Chochiev A. Recent Transfer Pricing Developments in Belarus: Taking Careful Steps towards Integration into European Tax Law // International Transfer Pricing Journal. 2019. Vol. 26. No. 3. DOI: 10.59403/4q0r6k.
16. Kinda T. Investment Climate and FDI in Developing Countries: Firm-Level Evidence // World Development. 2010. Vol. 38. No. 4. P. 498–513. DOI: 10.1016/j.worlddev.2009.12.001.
17. World Development Indicators // World Bank. URL: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators (accessed: 03.09.2026).

Сравнительный анализ эффективности зон с преференциальным режимом России и Китая в условиях волатильности глобальных рынков

Волков Виктор Иванович
аспирант кафедры экономики, Северо-Западный институт управления, филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (СЗИУ РАНХиГС), vvolkov-19-07@edu.ranepa.ru,

Рондалева Тамара Владимировна
аспирант кафедры экономики, Северо-Западный институт управления, филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (СЗИУ РАНХиГС), trondaleva-25@edu.ranepa.ru,

Капланян Григорий Ованесович
аспирант кафедры экономики, Северо-Западный институт управления, филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (СЗИУ РАНХиГС), gkaplanyan@spbsez.ru

Предметом исследования выступают особые экономические зоны как инструмент пространственного развития и обеспечения экономической безопасности в условиях глобальной волатильности. Тема работы посвящена сравнительному анализу национальных моделей России и Китая. Цель исследования заключается в выявлении фундаментальных различий между указанными моделями и разработке рекомендаций по адаптации зарубежного опыта к российским реалиям. Методологическую основу составили сравнительный анализ, институциональный подход и метод изучения конкретных ситуаций на примере успешных территориальных кластеров.

В ходе работы доказано, что российская модель ориентирована преимущественно на внутреннее пространственное развитие, диверсификацию моногородов и импортозамещение, тогда как китайская стратегия исторически нацелена на экспортную экспансию и интеграцию в глобальные производственные цепочки. Показано, что российская система стимулирования носит преимущественно безусловный характер, тогда как в Китае преференции жестко увязываются с достижением макроэкономических показателей. Выявлено, что прямой перенос китайских практик затруднен различиями в геоэкономическом положении и институциональном дизайне.

Результатом работы стала концепция гибридной модели особых экономических зон для приграничных регионов Российской Федерации, которая органично сочетает традиционные региональные стимулы с введением экспортоориентированных индикаторов и развитием трансграничной кооперации. Область применения полученных результатов охватывает сферу государственного управления, регионального стратегического планирования и разработки инструментов привлечения инвестиций.

Сделан вывод о том, что осмысленная адаптация зарубежного опыта через внедрение гибридных форматов позволит трансформировать особые экономические зоны из локальных точек роста в системный механизм обеспечения технологического суверенитета и долгосрочной устойчивости национальной экономики в условиях санкционного давления. Это требует дифференциации критериев оценки эффективности в зависимости от геоэкономического положения конкретных территорий.

Ключевые слова. Особые экономические зоны, пространственное развитие, Китай, импортозамещение, глобальные цепочки добавленной стоимости.

В условиях высокой волатильности товарных рынков, геополитической турбулентности и санкционного давления на Российскую Федерацию с 2022 года приоритетом государственной политики становится пространственное развитие внутренних территорий. Традиционная экспортно-сырьевая модель усиливает структурные уязвимости: зависимость от внешних ценовых шоков, деградацию моногородов, отток кадров из периферийных регионов и стагнацию внутреннего спроса.

Кризис 2014–2016 годов, вызванный падением цен на нефть, и спад инвестиционной активности показали пределы сырьевой модели. Санкционный шок 2022 года усугубил диспропорции и одновременно открыл возможности для импортозамещения, переориентации на внутренний рынок и поиска новых драйверов регионального роста. Теоретической основой служит концепция «полюсов роста» Франсуа Перру: развитие возникает в отдельных точках и распространяется по каналам межотраслевых взаимодействий, порождая агломерационные эффекты, диффузию знаний и внутренние цепочки добавленной стоимости. Положения «новой экономической географии» Пола Кругмана дополняют этот подход: концентрация производства снижает транзакционные издержки и усиливает возрастающую отдачу от масштаба.

Особые экономические зоны (далее – ОЭЗ) выступают механизмом создания таких полюсов роста и трансформации региональной экономики. Их эффективность измеряется не только экспортом и числом рабочих мест, но и устойчивостью региональных бюджетов, динамикой внутреннего рынка, снижением межрегионального неравенства и способностью системы адаптироваться к внешним шокам. В условиях ограничений, затронувших отдельные российские ОЭЗ, внутреннее развитие становится основой такой устойчивости. ОЭЗ аккумулируют инвестиции, запускают межотраслевые связи, стимулируют малое и среднее предпринимательство, увеличивают налоговую базу и снижают отток населения; локализация высокотехнологичных производств сокращает логистические издержки и встраивает резидентов в национальные цепочки создания стоимости.

Актуальность развития ОЭЗ обусловлена не только задачами импортозамещения, но и долгосрочной структурной перестройкой экономики, снижением зависимости от внешней конъюнктуры и обеспечением социальной стабильности в регионах. Анализ эффективности зон и разработка рекомендаций по совершенствованию региональной политики остаются важной научной и практической задачей на стыке экономической географии, теории регионального развития и государственного управления.

Пространственное развитие

«Модель А» ориентирует ОЭЗ преимущественно на внутренний рынок и задачи пространственного развития. Зоны выступают катализаторами кластеров, инструментом диверсификации моногородов и фактором укрепления региональных бюджетов. Эффективность измеряется не столько прямым экспортом, сколько долгосрочной социально-экономической стабильностью региона: занятостью, налоговой базой и импортозамещением в условиях внешних шоков, включая санкции.

Ярким примером служит ОЭЗ технико-внедренческого типа «Санкт-Петербург», созданная в 2005 году. За 20 лет резиденты привлекли 165 млрд руб. инвестиций, создали свыше 8 тыс. высокотехнологичных рабочих мест, совокупная выручка достигла 600 млрд руб. Налоговые отчисления составили 85,3 млрд руб., из них 31,3 млрд руб. поступило в региональный бюджет. В 2025 году инвестиции резидентов выросли на 78% (до 38 млрд руб.), налоговые поступления во все уровни бюджетов – на 8% (13,6 млрд руб.). Фармацевтический кластер объединяет «Биокад», «Вертекс», «Новартис Нева» и «Фармасинтез-Норд»: предприятия обеспечивают импортозамещение лекарственных средств и формируют локализованные цепочки поставок, стимулируя логистику, информационные технологии, инжиниринг и образование.

Для моногородов ОЭЗ снижают структурную зависимость от одного предприятия. В условиях сужения экспортных рынков и ограничений на импорт технологий зоны переориентируют экономику на внутренний спрос и импортозамещение, уменьшая риски «ресурсного проклятия» и демографического оттока. Влияние на бюджет носит долгосрочный характер: первоначальные льготы (нулевой налог на прибыль в первые годы, пониженные ставки по имущественному и земельному налогам) снижают текущие поступления, однако инфраструктурные затраты окупаются. В ОЭЗ «Санкт-Петербург» бюджетные инвестиции в инфраструктуру (порядка 24 млрд руб.) уже перекрыты налоговыми поступлениями более чем в четыре раза.

Российская «Модель А» показывает эффективность ОЭЗ как инструмента внутреннего пространственного развития, импортозамещения, диверсификации моногородов и повышения устойчивости регионов. Изучение международного опыта позволяет сопоставить этот подход с альтернативными национальными моделями.

Национальная модель Китая

Национальная модель ОЭЗ Китайской Народной Республики сформировалась как механизм интеграции в мировое хозяйство. В отличие от моделей, ориентированных на внутреннее выравнивание, китайский подход с самого начала рассматривал внешнеэкономическую открытость как двигатель ускоренного роста. Зоны служили контролируемыми площадками для апробации рыночных механизмов, привлечения иностранного капитала и постепенного технологического обновления без радикальной ломки всей экономической системы. Эволюция модели шла от трудоёмкого экспортного производства на базе переработки импорта к инновационным экосистемам с высокой долей добавленной стоимости.

Начало модели относится к 1980 году, когда в рамках политики «реформ и открытости» Дэн Сяопина были созданы четыре специальные экономические зоны в провинциях Гуандун и Фуцзянь: Шэньчжэнь, Чжухай, Шаньтоу и Сямэнь. Зоны первого поколения (см. табл. 1) привлекали капитал этнических китайцев из Гонконга, Макао и Тайваня и развивали перерабатывающую торговлю. В 1981 году четыре зоны аккумулировали 59,8% притока прямых иностранных инвестиций, более половины объёма обеспечил Шэньчжэнь. Город, в 1980 году представлявший рыбацкую деревню с населением менее 30 тыс. человек, в 1980–1984 годах демонстрировал среднегодовой прирост ВВП 58%, более чем в пять раз выше общенационального показателя. В 1984 году экономико-технические зоны развития открылись в четырнадцати прибрежных городах, включая Шанхай, Тяньцзинь и Гуанчжоу. Зоны второго поколения сместили акцент со сборки к собственным технологическим компетенциям и НИОКР. Программа «Факел» (1988) создала сеть зон высокотехнологичного промышленного развития по приоритетам биотехнологий, новых материалов, электроники и энергосбережения; к началу 2000-х годов сеть охватила прибрежные и внутренние регионы.

Третье поколение связано с первой пилотной зоной свободной торговли в Шанхае (2013). К настоящему времени их число достигло 23. Эти зоны выполняют функцию лабораторий институциональных инноваций: негативный список иностранных инвестиций, либерализация финансовых услуг, цифровизация таможни, развитие сервисных отраслей. Эволюция встроена в стратегию «двойной циркуляции» (2020), включённую в 14-й пятилетний план (2021–2025): внутренний контур опирается на внутренний рынок и импортозамещение, внешний сохраняет доступ к технологиям и глобальным рынкам. ОЭЗ из площадок низкозатратного производства превратились в интеграторов внутренних инновационных цепочек и продвижения китайских предприятий в высокотехнологичных сегментах мирового разделения труда.

Таблица 1
Сравнительная характеристика поколений особых экономических зон Китая

Поколение	Период создания	Основные типы зон	Главные цели и задачи	Ключевые механизмы и инструменты	Основные результаты и эффекты
Первое	1980–1983	Специальные экономические зоны.	Привлечение иностранного капитала, организация трудоёмкого экспортного производства	Налоговые каникулы, упрощённый таможенный режим, свобода репатриации прибыли	Быстрое накопление ПИИ, взрывной рост ВВП, формирование базовых экспортных производств
Второе	1984-2000-е	Экономико-технические зоны развития, зоны высокотехнологичного промышленного развития.	Переход от сборки к созданию собственных технологических компетенций, диффузия технологий	Централизованное определение приоритетов, сочетание с локальной экспериментальной свободой, поддержка НИОКР	Широкая диффузия технологий по стране, переход к интенсивному росту, формирование высокотехнологичных кластеров.
Третье	2013 - настоящее время	Пилотные зоны свободной торговли.	Институциональные инновации, развитие современных сервисных отраслей, технологический суверенитет	Негативный список иностранных инвестиций, либерализация финансов, цифровизация таможни, «условные» преференции	Укрепление позиций в глобальных цепочках добавленной стоимости, диверсификация экспорта в цифровые услуги и зелёные технологии, реализация стратегии «двойной циркуляции»

К 2007 году основные типы зон обеспечивали около 22% национального ВВП, до 60% товарного экспорта и порядка 46% прямых иностранных инвестиций. Зоны экономико-технического развития давали около 15% национального экспорта, зоны высокотехнологичного развития – существенную долю патентов и около трети экспорта высокотехнологичной продукции. Институциональная архитектура сочетает централизованную стратегическую координацию с оперативной автономией на местах и межрегиональной конкуренцией за инвестиции и инновации.

Стратегическое руководство осуществляет Государственный совет КНР: утверждение национальных зон, приоритеты и согласованность с пятилетними планами, интеграция в стратегии «двойной циркуляции» и «Один пояс – один путь». Министерство коммерции разрабатывает стандарты, типовые положения о преференциях, ведёт мониторинг и распространяет лучшие практики. Оперативное управление возложено на административные комитеты: регистрация резидентов, утверждение проектов, распоряжение землёй, координация с таможней, налоговыми и финансовыми органами. Комитеты действуют в рамках общенациональных приоритетов. Межрегиональная конкуренция побуждает власти совершенствовать режимы. В последние годы объём и срок льгот всё чаще увязываются с экспортом, технологичностью, НИОКР и технологическим «спилловером».

Конкурентное преимущество китайской модели – встроенность зон в глобальные производственные цепочки. С 1980 года они проектировались как узлы контролируемого вхождения в международное разделение труда. Трансфер технологий эволюционировал от пассивного освоения готовых сборочных решений через совместные предприятия и субконтракты к совместным НИОКР, собственным центрам разработки и более высоким звеньям цепочек. Роль сыграли кластеры поставщиков, стажировки, миграция кадров и совместные лаборатории.

Показателен опыт провинции Гуандун (Шэньчжэнь, Гуанчжоу, Дунгуань и др.): зональная политика превратила макрорегион в центр производства продукции с высокой добавленной стоимостью – электроники, телекоммуникационного оборудования, автокомпонентов, электромобилей, аккумуляторов и солнечных панелей. В 2025 году экспорт высокотехнологичных товаров из Гуандуна превысил 1 трлн юаней (около 140 млрд долл. США) при росте более чем на 20–30% по отдельным позициям. Кластер дельты Жемчужной реки обеспечивает значительную долю национального экспорта высокотехнологичной продукции. Знания распространяются через сети субподрядчиков, миграцию специалистов и совместные исследовательские проекты.

На этапе зон свободной торговли процесс получил развитие. К 2026 году их число достигло 23. Занимая 0,4% территории Китая, в 2022 году они обеспечили 18% притока прямых иностранных инвестиций и 17% национального импорта-экспорта; в отдельные периоды 2020-х вклад в иностранные инвестиции достигал 24,3%. Зоны третьего поколения диверсифицировали экспорт в цифровые услуги, финансовые инновации, зелёные технологии и высокотехнологичное оборудование и усилили инновационную составляющую стратегии «двойной циркуляции».

Сравнительный анализ

Сопоставление моделей выявляет расхождения в стратегических приоритетах, институтах и геоэкономическом положении. Российская модель формировалась как инструмент преодоления территориальной асимметрии и создания локальных точек роста; китайская – вокруг внешнеэкономической экспансии.

Российские ОЭЗ увязаны с региональной политикой: сглаживание диспропорций, поддержка моногородов, локальные кластеры, занятость, инфраструктура и бюджетная самодостаточность. Успех оценивается по вкладу в ВРП, занятость и социальную стабильность, что отражает реалии обширной страны с территориальными разрывами. Китайская модель ставит задачи привлечения прямых иностранных инвестиций, освоения технологий и производства для мировых рынков, повышения доли высокотехнологичной продукции в экспорте и позиций в глобальных цепочках добавленной стоимости.

Российская институциональная модель децентрализована: инициатива создания зон исходит от регионов и согласовывается с федеральным центром в рамках Федерального закона от 22 июля 2005 г. № 116-ФЗ; управление ведут управляющие компании субъектов Федерации. Это учитывает региональную специфику, но затрудняет единую линию с внешнеэкономическими приоритетами. Китайская модель опирается на вертикаль: Государственный совет утверждает зоны и приоритеты, Министерство коммерции задаёт стандарты и мониторинг, административные комитеты обладают широкой оперативной автономией, что стимулирует конкуренцию провинций и тиражирование успешных решений.

В российских ОЭЗ стимулы ориентированы на снижение издержек резидентов внутреннего рынка: налоговые каникулы по прибыли, имуществу, транспорту и земле сроком до десяти лет и процедура свободной таможенной зоны. Меры слабо увязаны с экспортом и технологичностью. Китайская система стимулов комплекснее: специальные режимы для высокотехнологичных производств, поддержка совместных НИОКР, защита интеллектуальной собственности, гранты на инновации. Льготы всё чаще носят «условный» характер и зависят от экспортных и технологических показателей.

Российские критерии оценки зон носят региональный характер: инвестиции, рабочие места, вклад в ВРП и налоговые поступления, самоокупаемость. Китайские критерии – макроэкономические и внешнеторговые: вклад в национальный экспорт, прямые иностранные инвестиции, технологичность, технологический перелив и позиция в глобальных цепочках. Различия объясняются сочетанием факторов (см. табл. 2): в Китае централизация сочетается с конкуренцией провинций; в России переходный период 1990-х усилил влия-

ние региональных элит. Прибрежное положение первых китайских зон предопределило экспортную ориентацию; обширная территория России и удалённость многих регионов от портов – приоритет внутреннего развития. Китайские реформы начинались при низком уровне индустриализации; российская модель формировалась в постсоветский период на фоне необходимости быстрой стабилизации.

Таблица 2
Сравнительная характеристика российских и китайских моделей особых экономических зон.

Параметр сравнения	Российская модель	Китайская модель
Основное стратегическое целеполагание	Преодоление территориальной асимметрии, поддержка моногородов и депрессивных регионов, внутренняя социально-экономическая устойчивость субъектов Федерации	Внешнеэкономическая экспансия, интеграция в глобальные производственные цепочки, технологическая модернизация и технологический суверенитет
Институциональный дизайн	Децентрализация: инициатива регионов, управление через управляющие компании субъектов Федерации; федеральный центр – координация и надзор	Вертикаль стратегического управления при оперативной автономии на местах: Государственный совет утверждает зоны и приоритеты, Министерство коммерции координирует и мониторит
Система стимулов	Снижение издержек резидентов внутреннего рынка: налоговые каникулы до десяти лет, свободная таможенная зона; слабая связь с экспортом и технологичностью	Комплексные и дифференцированные стимулы: поддержка высокотехнологичных производств, НИОКР, защиты ИС; «условные» преференции зависят от экспорта и технологического уровня
Критерии оценки эффективности	Региональные показатели: инвестиции, рабочие места, вклад в ВРП, налоговые поступления, самоокупаемость и бюджетная устойчивость	Макроэкономические и внешнеторговые показатели: вклад в национальный экспорт, ПИИ, технологичность, технологический перелив, позиция в глобальных цепочках

Прямой перенос китайских практик затруднён различиями в централизации управления, интеграции в глобальные цепочки и внешнеполитическом контексте. В Китае Государственный совет и Министерство коммерции задают единые рамки. В России создание и оперативное управление зонами в значительной мере возложены на субъекты Федерации. Административные комитеты в Китае действуют в единой вертикали; российские управляющие компании часто находятся под влиянием региональных элит, что повышает риск «захвата» зоны локальными задачами. Китайские стимулы эволюционировали к «условным» преференциям, российский режим остаётся преимущественно безусловным.

Геоэкономические условия также различны. Успешные китайские зоны первого и второго поколений создавались в прибрежных провинциях с выходом к портам и близостью к азиатским рынкам. Российские ОЭЗ, даже приграничные, чаще удалены от основных морских маршрутов, имеют менее плотную логистику и меньшую ёмкость соседних рынков (за исключением отдельных направлений российско-китайского приграничья). Более суровый климат, меньшая плотность населения и слабее развитая социальная инфраструктура снижают конкурентоспособность по сравнению с китайскими прибрежными зонами. Китайские реформы начинались «с нуля»; российская экономика к моменту создания ОЭЗ уже имела сложившуюся промышленную структуру с доминированием крупных предприятий внутреннего рынка.

Эти барьеры не означают отказа от изучения китайского опыта, но требуют перехода от копирования к адаптации. Наиболее перспективна гибридная модель для приграничных регионов России: региональная поддержка и внутренние социально-экономические задачи сочетаются с селективным использованием экспортных и инновационных механизмов с учётом реальных ограничений территорий.

Рекомендации

ОЭЗ сохраняют потенциал как инструмент сбалансированного роста в условиях санкций и геополитической нестабильности. «Модель А» на примере ОЭЗ «Санкт-Петербург» подтверждает, что зоны привлекают инвестиции, создают рабочие места и укрепляют региональную стабильность через кластеры, диверсификацию и рост налоговой базы.

Для региональных властей Российской Федерации целесообразно реализовать следующие рекомендации:

Активно использовать ОЭЗ для развития приграничных территорий. Губернаторам целесообразно инициировать создание зон или территорий опережающего развития в приграничных субъектах с акцентом на трансграничные кластеры – логистику, агропромышленный комплекс, туризм, зелёные технологии – чтобы конвертировать географическое положение в конкурентное преимущество и снизить последствия санкций за счёт локализации производства.

Вводить дополнительные локальные льготы субъекта Федерации: продление нулевой ставки по налогу на имущество на весь период резидентства, субсидирование до 50% затрат на инфраструктуру, упрощённый доступ к региональным гарантиям и грантам на НИОКР. Приоритет – фармацевтика, микроэлектроника, IT, машиностроение.

Интегрировать ОЭЗ в стратегии развития моногородов и депрессивных территорий. Целесообразно установить требование диверсификации на уровне не менее 30–40% резидентов из новых отраслей и вести мониторинг по региональному мультипликатору инвестиций и коэффициенту бюджетной устойчивости, отдавая приоритет проектам внутреннего рынка и технологического суверенитета.

Перспективным направлением является гибридная модель ОЭЗ для приграничных регионов: традиционные региональные стимулы (инфраструктура, локальные кластеры, социальные задачи) сочетаются с экспортными показателями эффективности и логистической интеграцией в соседние рынки. Базовые льготы сохраняются для резидентов внутреннего рынка; для участников трансграничных и экспортных проектов вводятся дополнительные «условные» преференции, увязанные с объёмом экспорта в соседние страны, долей высокотехнологичной продукции, уровнем локализации и интенсивностью технологического трансфера.

Для приграничных зон целесообразно ввести режимы поддержки совместных российско-китайских и иных азиатских предприятий, ориентированных на совместные НИОКР, локализацию и общие цепочки поставщиков, а также создавать совместные технопарки и инновационные центры. Оценка должна вестись по двум группам показателей. Первая – региональные индикаторы (рост ВРП, рабочие места, налоговые поступления, инфраструктура). Вторая – экспортно-ориентированные (экспорт в сопредельные страны, доля высокотехнологичной продукции, трансграничные проекты, инвестиции из стран Азии). Вес групп может варьироваться в зависимости от положения конкретной зоны.

Федеральным органам рекомендуется дифференцировать критерии оценки зон по геоэкономическому положению, включая обязательные индикаторы экспортной ориентации и трансграничной кооперации для приграничных территорий. Для гибридных зон целесообразна смешанная система управления: управляющая компания сохраняет региональный статус, а стратегические решения по экспортной специализации и трансграничному сотрудничеству принимаются межведомственной федеральной комиссией с участием Министерства экономического развития, Министерства транспорта и профильных ведомств субъекта Федерации.

Губернаторам приграничных субъектов рекомендуется: инициировать создание специализированных приграничных ОЭЗ или трансформацию существующих зон в гибридный формат; развивать целевые отраслевые кластеры с учётом преимуществ территории (агропромышленный комплекс, лесопереработка, машиностроение, транспортно-логистические услуги, отдельные высокотехнологичные направления); привлекать китайских и других азиатских инвесторов через совместные предприятия и дополнительные гарантии; формировать региональные программы развития логистической инфраструктуры в увязке с деятельностью зон.

Реализация предложенных мер и внедрение гибридной модели позволит превратить особые экономические зоны из отдельных «точек роста» в системный инструмент пространственного развития России. В непростой геополитической обстановке внутреннее укрепление территорий становится не альтернативой глобальной интеграции, а её необходимой основой, обеспечивая экономическую устойчивость, технологический суверенитет и долгосрочную конкурентоспособность страны.

Литература

1. Федеральный закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» (с изменениями на 2025 г.) [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». - Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54599/ (дата обращения: 28.04.2026).

2. Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. - Режим доступа: https://ulmeria.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/Investory/Strategiya/Rasporyazhenie_Pravitelstva_RF_ot_13_02_2019_N_207_r_red_ot_1.pdf (дата обращения: 28.04.2026).

3. Министерство экономического развития Российской Федерации. Особые экономические зоны в РФ: ежегодный обзор деятельности резидентов и инвестиционных показателей (2024-2025 гг.) [Электронный ресурс]. - М., 2025. - Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/instrumenty_razvitiya_territoriy/osobye_ekonomicheskie_zony/ (дата обращения: 28.04.2026).

4. Фудзита М., Кругман П., Венейблс А. Пространственная экономика: города, регионы и международная торговля / Пер. с англ. - М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. - 496 с.

5. Симачев Ю.В., Яковлев А.А., Голикова В.В., Городный Н.А., Кузнецов Б.В., Кузык М.Г., Федюнина А.А. Российские промышленные компании в условиях «второй волны» санкционных ограничений: стратегии реагирования // Вопросы экономики. - 2023. - № 12. - С. 5-30. - DOI: 10.32609/0042-8736-2023-12-5-30.

6. Высочкина М.А. Сравнительный анализ первых СЭЗ КНР и российских ОЭЗ // Глобалистика-2020: Глобальные проблемы и будущее человечества : Сборник статей Международного научного конгресса, Москва, 18-24 мая 2020 года. - Москва: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2020. - С. 921-926. - DOI 10.46865/978-5-901640-33-3-2020-921-926.
7. Ван Сичжэ. Свободные экономические зоны Китая: особенности, опыт и перспективы: дис. канд. экон. наук / Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы. - Москва, 2024. - 177 с.
8. Громова Е. А. “Greening” Special Economic Zones: Chinese and Russian Experience // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. - 2024. - P. 56-59.
9. Ермакова В. С. Сравнительный анализ особых экономических зон Китая и России // Материалы международной научно-практической конференции. Томский политехнический университет, 2015. - С. 240-244.
10. Кашин В. Б., Янькова А. Д. Приграничное сотрудничество между Россией и Китаем: глубинные препятствия развития // Проблемы Дальнего Востока. - 2022. - № 4. - С. 41-55.

A Comparative Analysis of the Effectiveness of Preferential Economic Zones in Russia and China Amidst Global Market Volatility

Volkov V.I., Rondaleva T.V., Kaplanyan G.O.
Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (SZIU RANEPA)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The subject of the study is special economic zones as an instrument of spatial development and economic security provision in the context of global volatility. The paper is dedicated to a comparative analysis of the national models of Russia and China. The research objective is to identify fundamental differences between these models and develop recommendations for adapting foreign experience to Russian realities. The methodological framework comprises comparative analysis, institutional approach, and case study method applied to successful territorial clusters.

The study demonstrates that the Russian model is primarily oriented toward domestic spatial development, diversification of mono-industrial towns, and import substitution, whereas the Chinese strategy has historically focused on export expansion and integration into global value chains. It is shown that the Russian incentive system is predominantly unconditional, while in China, preferences are strictly linked to achieving macroeconomic indicators. The research reveals that direct transfer of Chinese practices is constrained by differences in geoeconomic positioning and institutional design.

The outcome of the work is a concept of a hybrid model of special economic zones for the border regions of the Russian Federation, which organically combines traditional regional incentives with the introduction of export-oriented indicators and development of cross-border cooperation. The scope of application of the obtained results covers public administration, regional strategic planning, and development of investment attraction instruments.

The conclusion is drawn that meaningful adaptation of foreign experience through the implementation of hybrid formats will enable the transformation of special economic zones from local growth points into a systemic mechanism for ensuring technological sovereignty and long-term sustainability of the national economy under sanctions pressure. This requires differentiation of efficiency evaluation criteria depending on the geoeconomic position of specific territories.

Keywords. Special economic zones, spatial development, China, import substitution, global value chains.

References

1. Federal Law of July 22, 2005, No. 116-FZ "On Special Economic Zones in the Russian Federation" (as amended in 2025) [Electronic resource] // Legal Reference System "ConsultantPlus". – Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54599/ (Accessed: April 28, 2026).
2. Decree of the Government of the Russian Federation of February 13, 2019, No. 207-r "On Approval of the Strategy for Spatial Development of the Russian Federation for the Period up to 2025" [Electronic resource] // Official Internet Portal of Legal Information. – Available at: https://ulmeria.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/Investory/Strategiya/Rasporyazhenie_Pravitelstva_RF_ot_13_02_2019_N_207_r_red_ot_1.pdf (Accessed: April 28, 2026).
3. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Special Economic Zones in the Russian Federation: Annual Review of Residents' Activities and Investment Indicators (2024–2025) [Electronic resource]. – Moscow, 2025. – Available at: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/instrumenty_razvitiya_territoriy/osobye_ekonomicheskie_zony/ (Accessed: April 28, 2026).
4. Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. (2015). The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade (Translated from English). Moscow: Gaidar Institute Press. 496 p. [In Russian].
5. Simachev, Y. V., Yakovlev, A. A., Golikova, V. V., Gorodny, N. A., Kuznetsov, B. V., Kuzyk, M. G., & Fedyunina, A. A. (2023). Russian industrial companies in the context of the "second wave" of sanctions: Response strategies. Voprosy Ekonomiki [Questions of Economics], (12), 5–30. DOI: 10.32609/0042-8736-2023-12-5-30. [In Russian].
6. Vysochkina, M. A. (2020). Comparative analysis of the first SEZs of the PRC and Russian SEZs. In Globalistics-2020: Global Problems and the Future of Humanity: Collection of articles of the International Scientific Congress, Moscow, May 18–24, 2020 (pp. 921–926). Moscow: Interregional Public Organization for the Promotion of the Study and Propagation of the Scientific Heritage of N.D. Kondratiev. DOI: 10.46865/978-5-901640-33-3-2020-921-926. [In Russian].
7. Wang Sizhe. (2024). Free Economic Zones of China: Features, Experience, and Prospects (Candidate of Economic Sciences dissertation). Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow. 177 p. [In Russian].
8. Gromova, E. A. (2024). “Greening” Special Economic Zones: Chinese and Russian Experience. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 56–59.
9. Ermakova, V. S. (2015). Comparative analysis of special economic zones of China and Russia. In Materials of the International Scientific and Practical Conference. Tomsk Polytechnic University, pp. 240–244. [In Russian].
10. Kashin, V. B., & Yankova, A. D. (2022). Cross-border cooperation between Russia and China: Deep-seated obstacles to development. Problemy Dalnego Vostoka [Problems of the Far East], (4), 41–55. [In Russian].

Оценка эволюции ценового бенчмарка JKM в контексте фрагментации мирового рынка сжиженного природного газа

Катюха Павел Борисович
доктор экономических наук, профессор кафедры отраслевых рынков факультета экономики и бизнеса, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, PBKatyukha@fa.ru,

Назаров Степан Сергеевич
студент, факультет экономики и бизнеса, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, nazarovss_fa@mail.ru

Предметом исследования является ежедневная ценовая оценка Platts Japan/Korea Marker (JKM) как элемент ценовой инфраструктуры мирового рынка сжиженного природного газа. В отраслевой и научной литературе механизм расчёта оценки обычно не разграничивается с её рыночным использованием, поэтому статус JKM принимается без специальной проверки. В работе прослежено, в какой последовательности JKM приобретал экономические функции, и установлено, какие из них подтверждаются источниками, независимыми от администратора оценки. Используется институционально-функциональный анализ документов ценовых агентств и бирж, принципов IOSCO, корпоративных раскрытий и независимой статистики. Научная новизна заключается в функциональной периодизации JKM и проверке его зрелости по восьми признакам. По механизму формирования JKM остаётся ценовой оценкой агентства, а по характеру использования выполняет часть функций бенчмарка в региональном сегменте рынка, однако доступные данные не позволяют поставить его в один ряд с TTF или Henry Hub. FOB-нетбэки зарубежных агентств подтверждают, что рассчитать цену на российских базисах технически возможно, однако методологию и перечень допускаемых в оценку грузов определяет внешний администратор.
Ключевые слова: сжиженный природный газ, Platts JKM, ценовая оценка, ценовой бенчмарк, ценообразование на СПГ, Market on Close, независимый администратор ценовой оценки, ценовая инфраструктура, рынок СПГ Северо-Восточной Азии.

Введение

Доля газовой конкуренции (gas-on-gas) в мировом импорте СПГ выросла с 25 % в 2016 г. до 52 % в 2025 г. [1]. В АТР нефтяная привязка, основа тихоокеанской торговли СПГ с 1970-х годов [2], ещё охватывала большую часть импорта [1], но ориентиром растущего спотового сегмента стала ежедневная оценка Platts Japan/Korea Marker (JKM). Не имея торговой площадки и единой точки поставки, она служит расчётной базой фьючерсов и формульным ориентиром многолетних соглашений. В работах об азиатском ценообразовании [3; 4; 27] и хабах [5; 6] JKM рассматривается как сложившийся ориентир, а приобретение им этих функций, насколько известно авторам, не изучалось.

Этот опыт важен для России, где экспорт зависит от цен зарубежных агентств, а инвестиции в отрасль велики. Долгосрочная программа развития производства СПГ 2021 г. связывала рост производства до 140 млн т в год с привлечением не менее 150 млрд долл. [26, разд. I], а ценовой ориентир, к которому привязана выручка, влияет на оценку эффективности таких проектов, их финансирование и хеджирование.

В качестве рабочей гипотезы принято, что JKM, оставаясь по способу формирования ценовой оценкой (price assessment) агентства, по характеру использования выполняет часть функций бенчмарка. Она проверяется институционально-функциональным анализом методологий и уведомлений ценовых агентств, биржевых спецификаций, документов IOSCO, корпоративных раскрытий и независимой статистики. В отличие от них, этапы JKM выделены по смене экономической функции, а зрелость проверена и по независимым от администратора источникам.

1. Механизм формирования цены и её рыночный статус

Процедура получения цены и её рыночное использование описываются разными понятиями. Ценовой оценкой называют значение, которое агентство получает по установленной процедуре сбора, проверки и редакционного анализа рыночной информации. Данные приводятся к единым условиям, а конкурентные заявки, открытые на закрытие, приоритетнее ранее сообщённых сделок [7]. Статус бенчмарка, напротив, определяется использованием цены. По принципам IOSCO это периодически публикуемое значение, полученное в том числе путём оценки и применяемое для расчёта сумм по контрактам или цены финансового инструмента [9]. Принципы требуют опоры на активный рынок, но допускают расчёт по заявкам и экстраполяции, а вместо единого порога обязывают раскрывать минимальный объём данных [9, принципы 7, 8 и 11].

JKM не является биржевой котировкой, поскольку итоговое значение выносит редакция агентства, и не является хабом, то есть зоной поставки с инфраструктурой, правилами доступа и измеримой ликвидностью [6]. Фьючерс на JKM является отдельным инструментом, рассчитываемым по оценке. При этом оценка имеет физическую спецификацию: базис DES в порты Японии, Южной Кореи, Китая и Тайваня (JKTC), размер груза, пределы качества и сроки номинаций [10]. Далее статус JKM проверяется по восьми признакам зрелости отдельно, без сводного индекса, поскольку процедурная формализация может сочетаться с низкой ликвидностью, а часть признаков поддаётся лишь качественной оценке.

2. Функциональное становление JKM

Этапы выделены по смене экономической функции оценки, без учёта технических правок спецификации. Началом этапа считается первое документальное подтверждение функции (рис. 1).

Этап I (февраль 2009 — январь 2010) был информационным. С 2 февраля 2009 г. Platts ежедневно оценивает спотовый рынок СПГ Северо-Восточной Азии, сначала в виде узкого торгуемого диапазона [10], и стоимость груза, прежде выводимая из нефтяных формул, стала публиковаться регулярно.

Этап II (январь 2010 — май 2012) начался с перехода к единому значению, пригодному для контрактных формул (с 4 января 2010 г.), а оценки FOB Middle East, европейские DES-оценки и фрахтовые ставки [10] позволили рассчитывать нетбэки и арбитраж. Источники не содержат свидетельств применения JKM в сделках на первых двух этапах.

Этап III (июнь 2012 — 2015) начался с оценки Platts азиатских деривативов на СПГ [10] и листинга своп-фьючерса на JKM на NYMEX в августе 2012 г. [11]. Оценка стала расчётной базой для передачи ценового риска между сторонами, не связанными поставкой. Стоит отметить, что факт листинга ещё не говорит о масштабе использования.

Этап IV (2016–2023) связан с ростом наблюдаемости ценообразования. Не позднее июня 2018 г. JKM оценивался в процедуре Market on Close (MOC), где в течение дня публикуются именные твёрдые заявки и сделки [7; 21]. Такую заявку может исполнить любой допущенный участник, поэтому её уровень можно проверить. Benchmark Statement (с октября 2019 г.) закрепил режим раскрытия параметров [12], а уточнение спецификации качества в 2017–2019 гг. и публикация с декабря 2021 г. только заявок со стандартными сро-

ками номинаций [10] сделали базис точнее и снизили издержки сопоставления грузов. Расширение деривативной кривой позволило измерять риск за пределами отдельной партии, а спреды физического JKM к деривативам (cash differentials) показывают связь двух сегментов [10].

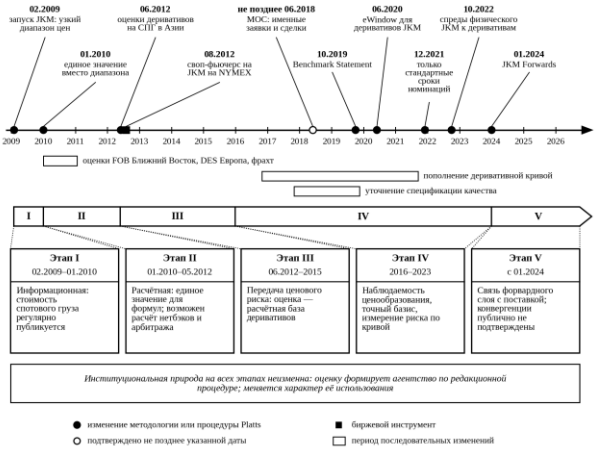


Рисунок 1. Этапы функционального становления JKM и их документальные вехи, 2009–2026 гг.
Примечание. Шкала времени пропорциональна. Для МОС указан месяц, не позднее которого процедура применялась.
Источник: составлено авторами по [10–12; 21; 22].

Этап V (с января 2024 г.) начался с оценки Platts JKM Forwards, стандартизованных единиц по 340 000 MMBtu. Нетто-позиция в десять форвардов на один месяц с одним контрагентом превращается (конвергирует) в поставку полного груза по средней цене этих форвардов [10]. Форвардный сегмент впервые получил прямую связь с поставкой, но подтверждений состоявшихся конвергенций в изученных источниках нет. Институциональная природа JKM при этом не менялась, поскольку оценку по-прежнему формирует агентство в рамках редакционной процедуры.

3. Функциональная зрелость и современный рыночный статус JKM

Результаты проверки сведены в таблице 1.

Таблица 1
Признаки функциональной зрелости JKM и их эмпирическое подтверждение

Признак функциональной зрелости	Свидетельство	Статус
Стандартизация физического базиса	Спецификация JKM; публикация только стандартных сроков номинаций с 12.2021 [10]	Подтверждён
Наблюдаемость и проверяемость процедуры	Benchmark Statement [12]; 15,5 млн т активности в МОС по поставкам 2025 г. [13] при спотовых и краткосрочных поставках в JKTC около 72 млн т (рассчитано авторами по [14])	Подтверждён, масштаб приблизителен
Круг участников и концентрация данных	Условия доступа и правило для компании, дающей свыше половины информации по рынку [7; 12]	Открытых данных недостаточно
Употребление в ценообразовании физических сделок	Плавающие заявки формата «JKM плюс дифференциал» [10]; в сегменте ATP заявки чаще выставляются против TTF [5]	Подтверждён частично, доля неизвестна
Деривативы и возможность хеджирования	Спецификации бирж [11; 15]; рост объёмов ICE и CME в 2025 г. [6]	Подтверждён с ограничением (хеджирование часто через TTF)
Индексация многолетних соглашений	Корпоративные раскрытия [16; 17; 18; 19]	Подтверждён качественно, доля неизвестна
Глубина торговли	Churn 1,32 в 2025 г. против 0,99 в 2024 г.; NBP 14,1; TTF 48,9; Henry Hub 87,0 [6]	Не подтверждён (рынок неликвиден, показатели сопоставимы условно)
Связь физического и форвардного слоёв	Механизм конвергенции JKM Forwards [10]	Механизм введён, конвергенции публично не подтверждены

Источник: составлено авторами.

Процедурные признаки подтверждаются, но об охвате рынка они не говорят. Активность в МОС соотносится со спотовыми и краткосрочными поставками в JKTC примерно как один к пяти, а за I квартал 2026 г. в физическом МОС прошло 62 сделки (годом ранее — 35) [13]. По данным Оксфордского института энергетических исследований (OIES), в ATP заявки чаще выставляются против TTF или по абсолютной цене, а риск по СПГ, включая азиатские грузы, часто хеджируется фьючерсами TTF [5; 6], хотя у фьючерса ICE на JKM до 156 месячных контрактов [15].

Ещё в 2015 г. применение JKM в долгосрочных контрактах оценивалось как весьма ограниченное из-за высокой корреляции его уровня с ценами СПГ, привязанными к JCC [27, с. 78]. Позднее JKM стал применяться в многолетних соглашениях. Так, в соглашении Cheniere и ARC Resources 2022 г. цена определяется по JKM за вычетом фиксированных транспортных затрат и платы за сжижение [16]. Второе соглашение этих компаний (2023 г.) опирается уже на TTF [19]. Соглашение Tellurian и Gunvor 2021 г. было привязано к комбинации JKM и TTF [18], но в 2023 г. расторгнуто [23]. Раскрытия подтверждают применение JKM в контрактах, но не позволяют оценить его масштаб.

Глубина торговли остаётся ограниченной. Коэффициент churn, то есть отношение оборота к физическому объёму рынка, у JKM многократно ниже, чем у NBP, TTF и Henry Hub (рис. 2), и OIES относит этот рынок к неликвидным, хотя и растущим [6].

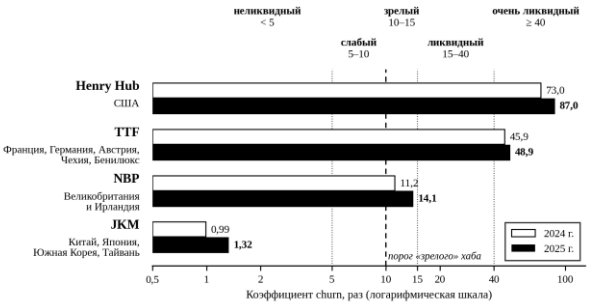


Рисунок 2. Коэффициент оборачиваемости (churn) газовых ценовых ориентиров и JKM, 2024–2025 гг.
Примечание. Churn хабов рассчитан к потреблению газа в соответствующих странах, JKM — как объём фьючерсов и опционов ICE и CME к импорту СПГ Китаем, Японией, Южной Кореей и Тайванем. Границы категорий приняты по OIES [6], сопоставление условно из-за различия баз.
Источник: составлено авторами по [6, табл. 10 и приложение].

Таким образом, по процедурным признакам JKM приблизился к бенчмарку, но по глубине торговли уступает зрелым хабовым ориентирам.

4. Применимость опыта JKM к российской ценовой инфраструктуре СПГ

Российский рынок СПГ отличается низкой ликвидностью, олигопольной структурой предложения, неоднородностью базисов и инфраструктурными барьерами, тогда как ценовому ориентиру нужен диверсифицированный круг производителей, при котором ни одна компания не доминирует на рынке [25, с. 87]. Argus и Platts уже рассчитывают FOB-уровни для Мурманска, а Argus для Камчатки, вычитая фрахт из цены доставленного СПГ [8; 10]. Технически расчёт возможен, однако цена формируется (price discovery) на внешнем рынке, а перечень оцениваемых грузов определяет внешний администратор. С марта 2022 г. российский СПГ в JKM не отражается [24], позднее правило распространено на российские суда и другие маркеры Platts. Для JKM агентство объясняет это решение изменением практики закупок в Северо-Восточной Азии [10]. Эти решения принимались на фоне санкционного режима и отражали изменение представлений рынка о том, приемлем ли российский СПГ наравне с другими грузами (merchantability).

Воспроизвести можно прежде всего элементы, находящиеся в компетенции администратора: стандартизованный базис, публичную методологию, правила проверки данных, аудиторский след, порядок изменения методологии, жалоб и исправлений [20, разделы 1 и 2; 9, принципы 11, 12, 16, 18]. У JKM базис и методология появились раньше деривативов и МОС. Из этого нельзя вывести причинную связь, но следует, что такие элементы можно ввести до того, как сложится ликвидный рынок. В отличие от Platts МОС [7], в российской оценке приоритет может быть отдан подтверждённым сделкам перед заявками [20, п. 2.2–2.3; 9, принцип 8].

Необходима и независимость администратора от продавца, покупателя и органа, заинтересованного в уровне цены [9, принципы 1, 3 и 5]. Если оценка используется для налоговых целей, участие в её определении органа с фискальным или тарифным интересом создаёт конфликт интересов. Российскую оценку предлагается строить по экспортным базисам FOB в пунктах отгрузки, а не по условиям DES в рынках назначения. Оценка только по данным продавцов лишена встречной проверки, поэтому целесообразно участие в ней иностранных покупателей и трейдеров, включая компании из государств БРИКС, а также заранее установленный порядок работы при нехватке сделок [20, п. 1.3; 9, принцип 11].

Административным решением невозможно воспроизвести накопленную торговую историю, международный круг пользователей и их доверие, массовое контрактное применение, клиринг ICE и CME и встроенность ориентира в системы риск-менеджмента. Запуск производного инструмента сам по себе не создаёт доверия к базовой оценке.

Заключение

За 2009–2026 гг. JKM сохранил институциональную природу ценовой оценки, но стал использоваться шире. Одно и то же значение служит расчётной базой биржевых контрактов, основой измерения ценового риска и формульным ориентиром части долгосрочных соглашений. Вместе с тем по имеющимся данным JKM уступает TTF и Henry Hub. Ориентир может развиваться и без физического хаба, однако требования к наблюдаемости, проверяемости, рыночному использованию и глубине инфраструктуры сохраняются и в этом случае.

Нетбэки для российских базисов уже рассчитывают зарубежные агентства, которые самостоятельно определяют методологию и перечень оцениваемых грузов. Опыт JKM позволяет предположить, что эту зависимость можно снизить, если оценку внутри страны будет формировать независимый администратор на основе проверяемых данных и с участием иностранных покупателей и трейдеров. Рыночный статус такой оценки определит её использование.

Выводы работы ограничены нехваткой открытых данных о составе участников MOC, о доле сделок и контрактов с привязкой к JKM и о состоявшихся конвергенциях JKM Forwards. Показатели ликвидности JKM и газовых хабов сопоставимы лишь условно, а выводы для России построены на анализе нормативных документов и опыте одного ориентира.

Литература

1. 2026 Wholesale gas price survey. – London: International Gas Union, 2026. – URL: https://www.igu.org/igu-reports/2026-wholesale-gas-price-survey
2. Rogers H., Stern J. Challenges to JCC pricing in Asian LNG markets. – Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2014. – (OIES Paper NG 81). – URL: https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/02/NG-81.pdf
3. Zhang L., Yang D., Wu S., Luo M. Revisiting the pricing benchmarks for Asian LNG — an equilibrium analysis // Energy. – 2023. – Vol. 262, Part A. – Art. 125426. – DOI: 10.1016/j.energy.2022.125426.
4. Hupka Y., Popova I., Simkins B., Lee T. A review of the literature on LNG: hubs development, market integration, and price discovery // Journal of Commodity Markets. – 2023. – Vol. 31. – Art. 100349. – DOI: 10.1016/j.jcomm.2023.100349.
5. Heather P. European traded gas hubs: TTF now a global gas benchmark. – Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2025. – (OIES Paper NG 198). – URL: https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2025/06/NG198-European-Traded-Gas-Hubs.pdf
6. Heather P. European traded gas hubs: resilience in the face of adversity. – Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2026. – (OIES Paper NG 206). – URL: https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2026/07/NG-206-European-Traded-Gas-Hubs.pdf
7. Platts assessments methodology guide. Latest update: June 2026. – New York: S&P Global, 2026. – URL: https://www.spglobal.com/content/dam/spglobal/ci/en/documents/platts/en/our-methodology/methodology-specifications/platts-assessments-methodology-guide.pdf
8. Argus LNG Daily: methodology and specifications guide. Last updated: May 2026. – London: Argus Media, 2026. – URL: https://www.argusmedia.com/-/media/Files/methodology/argus-lng-daily.ashx
9. Principles for financial benchmarks: final report FR07/13. – Madrid: International Organization of Securities Commissions, 2013. – URL: https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD415.pdf
10. Specifications guide: global LNG. Latest update: June 2026. – New York: S&P Global, 2026. – URL: https://www.spglobal.com/content/dam/spglobal/ci/en/documents/platts/en/our-methodology/methodology-specifications/lng/lng-specifications.pdf
11. Listing of liquefied natural gas contract on NYMEX trading floor and CME ClearPort: Market Regulation Advisory Notice SER-6329, 26 July 2012. – Chicago: CME Group, 2012. – URL: https://www.cmegroup.com/tools-information/lookups/advisories/market-regulation/SER-6329.html
12. Benchmark statement for LNG Japan/Korea Spot Crg DES (AAOVQ00). Latest update: 14 August 2026. – New York: S&P Global, 2026. – URL: https://www.spglobal.com/content/dam/spglobal/ci/en/documents/platts/en/our-methodology/methodology-specifications/benchmark-statements/LNG%20Japan_Korea%20Spot%20Crg%20DES.pdf
13. World LNG report 2026. – London: International Gas Union, 2026. – URL: https://www.datocms-assets.com/146580/1783403747-igu-world-lng-report-2026.pdf
14. GIIGNL annual report 2026. – Neuilly-sur-Seine: International Group of Liquefied Natural Gas Importers, 2026. – URL: https://www.giignl.org/annual-report/2026
15. JKM LNG (Platts) Future: contract specifications, 12 August 2026. – London: ICE Futures Europe, 2026. – URL: https://www.ice.com/products/6753280/jkm-lng-platts-future
16. Cheniere Corpus Christi Stage III and ARC Resources sign long-term integrated production marketing transaction: press release, 4 May 2022. – Houston: Cheniere Energy, Inc., 2022. – URL: https://lngir.cheniere.com/news-events/press-releases/detail/247/cheniere-corpus-christi-stage-iii-and-arc-resources-sign
17. Trafigura signs long-term natural gas agreement with NuVista Energy Ltd: press release, 8 November 2024. – Singapore: Trafigura Group Pte Ltd, 2024. – URL: https://www.trafigura.com/news-and-insights/press-releases/2024/trafigura-signs-long-term-natural-gas-agreement-with-nuvista-energy-ltd/
18. Tellurian and Gunvor sign 10-year LNG agreement for 3 mtpa: Current Report on Form 8-K, Exhibit 99.1, 27 May 2021. – Washington: U.S. Securities and Exchange Commission, 2021. – URL: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/61398/000110465921072704/tm2117591d1_ex99-1.htm
19. ARC Resources announces second long-term natural gas supply agreement with Cheniere: press release, 29 November 2023. – Calgary: ARC Resources Ltd., 2023. – URL: https://www.arcresources.com/news-releases/arc-resources-announces-second-long-term-natural-gas-supply-agreement-with-cheniere/
20. Principles for oil price reporting agencies: final report FR06/12. – Madrid: International Organization of Securities Commissions, 2012. – URL: https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD391.pdf
21. Platts amends MOC guidelines for JKM LNG assessments: subscriber note, 11 June 2018. – New York: S&P Global Platts, 2018. – URL: https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/our-methodology/subscriber-notes/061118-platts-amends-moc-guidelines-for-jkm-lng-assessments-naturalgas
22. S&P Global Platts launches eWindow for Platts JKM LNG derivatives: press release, 1 June 2020. – New York: S&P Global, 2020. – URL: https://press.spglobal.com/2020-06-01-S-P-Global-Platts-Launches-eWindow-for-Platts-JKM-LNG-Derivatives
23. Tellurian Inc. Current Report on Form 8-K, 1 August 2023. – Washington: U.S. Securities and Exchange Commission, 2023. – URL: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/61398/000110465923088410/tm2323005d1_8k.htm
24. S&P Global Commodity Insights clarifies position on merchantability of Russia-origin LNG: subscriber note, 7 March 2022. – New York: S&P Global, 2022. – URL: https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/pricing-benchmarks/our-methodology/subscriber-notes/030722-s-p-global-commodity-insights-clarifies-position-on-merchantability-of-russia-origin-lng
25. Катюха П. Б., Юртаева Е. А. Потенциал нефти сорта Murban как ценового бенчмарка в условиях фрагментации мирового рынка нефти // Инновации и инвестиции. – 2026. – № 3. – С. 86–90.
26. О долгосрочной программе развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 16 марта 2021 г. № 640-р. – URL: http://static.government.ru/media/files/l6DePkb3cDKTgzxbb6sdFc2npEPAd7SE.pdf
27. Миронова И. Ю. Ценообразование на региональном рынке природного газа в АТР: проблемы и перспективы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 5. Экономика. – 2015. – Вып. 4. – С. 66–85.

Assessment of the JKM Price Benchmark Evolution in the Context of the Global Liquefied Natural Gas Market Fragmentation

Katyukha P.B., Nazarov S.S.

Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The study examines the Platts Japan/Korea Marker (JKM) daily price assessment as part of the pricing infrastructure of the global LNG market. The literature rarely separates the way the assessment is produced from the way the market uses it, so JKM's status is usually taken for granted. The paper traces the order in which JKM acquired its economic functions and identifies which of them are supported by sources independent of the administrator. The method is institutional and functional analysis of agency and exchange documents, IOSCO principles, corporate disclosures and independent statistics. The novelty lies in the functional periodisation of JKM and the testing of eight indicators of functional maturity. In the way it is formed, JKM remains an agency assessment. In use, it performs some benchmark functions in a regional market segment, although the available data do not place it alongside TTF or Henry Hub. For Russia, the FOB netbacks published by foreign agencies show that such a calculation is feasible, but the methodology and the range of cargoes admitted to the assessment are still set by an external administrator.

Keywords: liquefied natural gas, Platts JKM, price assessment, price benchmark, LNG pricing, Market on Close, independent price assessment administrator, pricing infrastructure, Northeast Asian LNG market.

References

1. 2026 Wholesale gas price survey. London, International Gas Union, 2026. URL: https://www.igu.org/igu-reports/2026-wholesale-gas-price-survey
2. Rogers H., Stern J. Challenges to JCC pricing in Asian LNG markets. Oxford, Oxford Institute for Energy Studies, 2014. (OIES Paper NG 81). URL: https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/02/NG-81.pdf
3. Zhang L., Yang D., Wu S., Luo M. Revisiting the pricing benchmarks for Asian LNG — an equilibrium analysis. Energy, 2023, vol. 262, part A, article 125426. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125426.
4. Hupka Y., Popova I., Simkins B., Lee T. A review of the literature on LNG: hubs development, market integration, and price discovery. Journal of Commodity Markets, 2023, vol. 31, article 100349. DOI: 10.1016/j.jcomm.2023.100349.
5. Heather P. European traded gas hubs: TTF now a global gas benchmark. Oxford, Oxford Institute for Energy Studies, 2025. (OIES Paper NG 198). URL: https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2025/06/NG198-European-Traded-Gas-Hubs.pdf

Ресурсный потенциал и инвестиционная привлекательность месторождений редкоземельных металлов России: сравнительный анализ

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,

Михайлова Анастасия Александровна
аспирант, факультет международного энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, mikhailova.sch@yandex.ru

В условиях глобального энергетического перехода и усиления технологического суверенитета стран-лидеров редкоземельные металлы (РЗМ) приобретают критическое стратегическое значение, превращаясь из нишевого сырья в ключевой фактор геополитического влияния. Россия, обладая одной из крупнейших в мире ресурсных баз РЗМ, сталкивается с фундаментальной дилеммой: необходимостью развития собственной отрасли для обеспечения экономической безопасности и одновременной минимизацией экологических последствий добычи и переработки. В статье проводится сравнительный экономический анализ трёх наиболее перспективных месторождений России – Томторского (арктическая зона Якутии), Ловозерского (Мурманская область) и группы сибирских месторождений Белозиминское и Зашихинское (Иркутская область). На основе критериев капитальных и операционных затрат, наличия инфраструктуры, логистической доступности и прогнозных сроков окупаемости обосновывается приоритетность поэтапной стратегии развития отрасли. Делается вывод, что в краткосрочной перспективе наиболее экономически целесообразной является модернизация действующего Ловозерского ГОКа, в среднесрочной – освоение логистически доступных сибирских месторождений, тогда как освоение Томтора следует рассматривать как стратегический резерв, требующий дополнительного технологического и экономического обоснования. Предложенный подход позволяет синтезировать экономическую эффективность с экологической ответственностью, формируя основу для устойчивого развития российской редкоземельной отрасли.

Ключевые слова: Редкоземельные металлы (РЗМ), Томторское месторождение, Ловозерское месторождение, Белозиминское месторождение, Зашихинское месторождение, сравнительный экономический анализ, инвестиционная привлекательность, технологический суверенитет, ресурсная база России, стратегия развития.

Глобальный контекст: редкоземельные металлы как фактор технологического суверенитета

Резкий рост глобального спроса на редкоземельные металлы, обусловленный энергетическим переходом и цифровизацией экономики, ставит перед Россией стратегическую задачу развития собственной отрасли. При этом неизбежно возникает дилемма между экономическими выгодами и тяжелыми экологическими последствиями добычи и переработки РЗМ. Исследование направлено на поиск баланса в рамках новой глобальной повестки устойчивого развития и декарбонизации.

Редкоземельные металлы представляют собой комплекс из семнадцати химических элементов, включающих 15 лантаноидов из таблицы Менделеева, а также скандий и иттрий. Названные «зачатками технологий» РЗМ делают возможными высокие технологии. В области ВИЭ РЗМ применяются для ветрогенераторов и электродвигателей электромобилей (неодим, празеодим, диспрозий, тербий), для электроники (люминофоры для дисплеев, полировальные порошки, лазеры, миниатюрные конденсаторы) и для оборонной отрасли (высокоточное наведение, системы связи, броневая керамика, радарные установки). В условиях ресурсной экономики возникает дилемма между стратегией ренты и стратегией устойчивости. Так, с одной стороны, быстрое извлечение прибыли от экспорта сырья для решения текущих экономических задач, несмотря на быстрое решение проблем, часто ведет к «ресурсному проклятию» – зависимости, устареванию технологий, экологическому ущербу и социальным конфликтам. С другой стороны, для того, чтобы избежать ресурсного проклятия, нужны долгосрочные инвестиции в создание полной цепочки добавленной стоимости, включая разведку, добычу, переработку и производство готовой продукции, и в развитие «зеленых» технологий. Но данный путь требует большего времени, капитала и комплексной политики [10; 12].

Глобальная повестка «декарбонизации» экономики напрямую зависит от РЗМ, что даже в долгосрочной перспективе увеличивает спрос, особенно на магниты. Страны, желающие занять лидирующие позиции, стремятся обеспечить технологический суверенитет. Пандемия, санкции и доминирование Китая в области добычи и переработки РЗМ заставили США, ЕС и Японию объявить редкоземельные металлы стратегическим сырьем, где целью выступает создание собственной, безопасной цепочки поставок с минимальными рисками сбоев. Таким образом, две мощные тенденции в виде декарбонизации и деглобализации формируют беспрецедентный и долгосрочный спрос на РЗМ, превращая их из нишевого сырья в фактор геополитики [14].

Структура мирового рынка РЗМ

Проводя системный анализ, важно проанализировать мировой рынок РЗМ. В соответствии с рис. 1, добыча редкоземельных металлов носит высококонцентрированный характер. Китай добывает более 70% сырья, далее идут США, Мьянма, Австралия. Несмотря на рост добычи, он не успевает за спросом. При этом потребление в большей мере также приходится на Китай. Соответственно, КНР при помощи своей политики и разного рода торговых конфликтов оказывают влияние на цены, которые достаточно волатильны [8; 9].

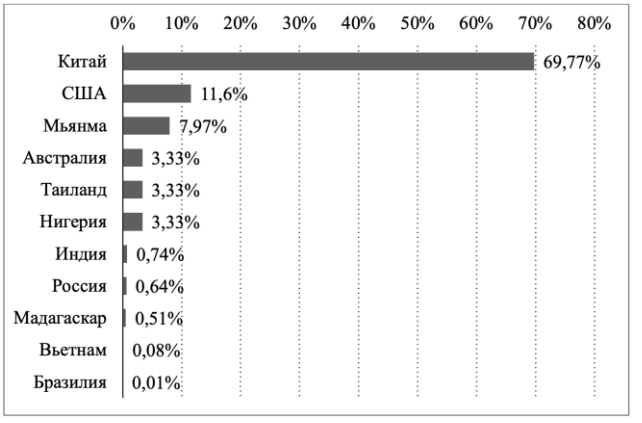


Рисунок 1 – Распределение производства редкоземельных металлов на 2024 год, по странам
Источник: [8]

Важно отметить, что есть разница в ценах на легкие и тяжелые РЗМ, где легкие часто избыточны на рынке, в то время как тяжелые остаются в дефиците. Кроме того, Китай обеспечил доминирование в цепочке создания стоимости. Вместе с монополией на переработку КНР владеет ключевыми технологиями и

квалифицированными кадрами, а также проводит политику ресурсной безопасности, которая заключается в консолидации отрасли, создании квот на добычу, стимулировании экологических проверок и ограничении экспорта сырья/полупродуктов, чтобы «перетянуть» добавленную стоимость и высокотехнологичное производство (магниты, двигатели) внутрь страны [9; 13].

Специфика добычи и особенно переработки РЗМ связана с тяжелыми последствиями: технологии кислотного выщелачивания и разделения генерируют огромные объемы токсичных и радиоактивных (из-за сопутствующих тория и урана) отходов, что ведет к химическому загрязнению почв и водоемов, нарушению ландшафтов и водного баланса. Это создает наследие в виде накопленных отходов, как в печально известном Баотоу, где проблемы восстановления становятся чрезвычайно сложными и дорогостоящими, часто ложась финансовым бременем на государство [7].

В ответ на эти вызовы индустрия все больше ориентируется на принципы устойчивого развития. Для комплексной оценки воздействия применяется анализ жизненного цикла (LCA), а доступ к финансированию и социальное одобрение теперь напрямую зависят от соответствия ESG-стандартам. Эти стандарты требуют от компаний внедрения наилучших доступных технологий (НДТ), прозрачной отчетности по экоследу, планов восстановления и ответственного взаимодействия с местными сообществами.

Важнейшим путем смягчения экологического ущерба является переход к циркулярной экономике. Перспективным направлением выступает рециклинг РЗМ из промышленных отходов, таких как постоянные магниты из списанной электроники, и переработка техногенных месторождений – старых хвостохранилищ. Это позволяет не только снизить зависимость от первичной добычи, но и решить проблему исторического загрязнения, превращая отходы в ресурс. Однако развитие рециклинга сталкивается с технологическими и логистическими барьерами, такими как сложность сбора и разделения компонентов. Несмотря на это, инвестиции в замкнутый цикл становятся стратегическим приоритетом для ведущих экономик, стремящихся к ресурсной безопасности. Таким образом, будущее отрасли зависит от синтеза жестких экологических стандартов, внедрения чистых технологий на всех этапах и системного развития вторичной переработки для минимизации необходимости новой добычи.

Ресурсный потенциал России

Россия обладает колоссальным потенциалом в сфере редкоземельных металлов, который, однако, остается в значительной степени нереализованным из-за технологического и структурного отставания.

Ресурсная база страны огромна, но её освоение сопряжено с вызовами. Ключевые месторождения, такие как уникальное Томторское в Якутии (содержит скандий, ниобий, иттрий) и Ловозерское на Кольском полуострове, характеризуются сложным минеральным составом. РЗМ в них тесно связаны с танталом, ниобием и, что критически важно, с радиоактивными элементами – торием и ураном. Это делает прямую добычу и, главное, последующее разделение и очистку элементов технологически сложными, дорогими и экологически рискованными. Основная часть запасов представлена не чистыми рудами, а апатит-нефелиновыми или лопаритовыми концентратами, где РЗМ являются попутным компонентом, что требует создания специальных переделов [6].

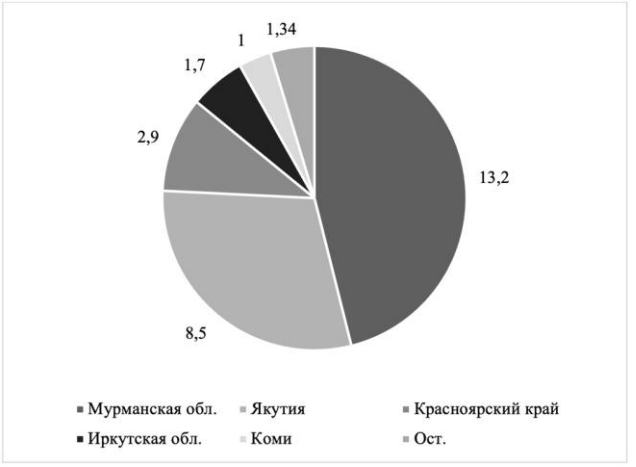


Рисунок 2 – Запасы РЗМ в России, млн тонн
Источник: [3]

Текущее состояние отрасти можно охарактеризовать как эпизодическое. Добыча ведется в небольших объемах, преимущественно попутно с другими полезными ископаемыми (например, на Ковдорском ГОКе). Страна обладает лишь фрагментами полного цикла. Мощности по глубокой переработке сырья, разделению на чистые оксиды и, тем более, производству металлов, сплавов и конечной продукции (магниты, лазерные кристаллы) крайне ограничены или отсутствуют. Как следствие, Россия остается нетто-импортером готовых изделий с высокой добавленной стоимостью на основе РЗМ, хотя обладает сырьем для их производства.

Институциональный и инвестиционный ландшафт в последние годы активизировался. Ключевую роль играют госкомпании: «Росатом» (как оператор ядерной отрасли и технологий работы с радиоактивными материалами) и «Ростех» (как потенциальный потребитель в высокотехнологичных отраслях). Действует государственная программа «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов». Однако в условиях санкционного давления остро стоит проблема привлечения современных западных технологий обогащения и переработки, а также инвестиций. Это вынуждает искать собственные технологические решения и опираться на сотрудничество с азиатскими партнерами, что замедляет развитие и создает риск воспроизводства устаревших, экологически грязных технологических цепочек. Таким образом, в одной из ключевых стратегических сфер XXI века Россия сталкивается со сложным вызовом: обладая значительными природными ресурсами, страна пока не смогла в полной мере реализовать их промышленный и технологический потенциал, оказавшись на периферии мировых производственных цепочек.

Сравнительная оценка перспективных месторождений России

Проведем сравнительную экономическую оценку российских месторождений. Для сравнения наиболее привлекательными представляются Томторское месторождение (Якутия), Ловозерское месторождение (Мурманская обл.) и Белозиминское и Зашихинское месторождения (Иркутская обл.). К факторам, определяющим рентабельность, стоит относить наличие инфраструктуры, технологическую сложность, логистические издержки, CAPEX и OPEX и сроки окупаемости. По запасам одним из крупнейших в мире остается Томторское месторождение, расположенное в арктической зоне Якутии. Согласно исследованию Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, период от геологоразведочных работ до начала освоения может составить более 10–15 лет, что создаёт высокие инвестиционные риски [6]. Ключевым фактором, подрывающим инвестиционную привлекательность проекта Томторского месторождения, является логистика. Руда Томтора отличается сложным минералогическим составом и требует специфической переработки с применением щелочи и нескольких видов кислот, что дополнительно увеличивает операционные издержки. Для монопродуктовых месторождений РЗМ рентабельность достигается при годовой добыче от 10 тыс. тонн, и, хотя комплексный состав Томтора (наличие ниобия, скандия, иттрия) может несколько улучшить ситуацию, общая экономическая модель проекта остаётся крайне напряжённой [5].

В отличие от Томтора, Ловозерское месторождение имеет статус действующего, в частности, это единственное российское месторождение, где добывается и обогащается руда редкоземельных металлов. Данный факт выступает принципиальным преимуществом ввиду того, что инфраструктура уже создана и часть производственной цепочки отлажена. В 2025 году введены в эксплуатацию новые очистные блоки на руднике Карнасурт, продолжается модернизация обогатительной фабрики [1]. Экономическая логика Ловозерского проекта базируется на использовании уже существующей инфраструктуры и поэтапной модернизации, что требует значительно меньших капитальных вложений по сравнению с освоением нового месторождения в Арктике.

Таблица 1
Сравнительная характеристика российских месторождений РЗМ

	Томторское месторождение	**Левозерское месторождение**	**Белозиминское и Зашихинское месторождения**
Статус	Законсервировано	Действующее	Ожидает запуска
Инфраструктура	Отсутствует	Развитая	Требуется создание
CAPEX	Очень высокий	Средний	Высокий
Срок освоения	>10–15 лет	2–5 лет	5–7 лет
Основные риски	Удаленность, логистика	Устаревшее оборудование, отсутствие высоких технологий	Создание перерабатывающих мощностей
Ключевые преимущества	Уникальность запасов	Действующее производство	Логистическая доступность
Прогноз окупаемости	Неопределенный, от 15 лет	Умеренный	Умеренный

Источник: составлено автором

В среднесрочной перспективе привлекательны проекты Белозиминского и Зашихинского месторождений. Главное преимущество заключается в логистической доступности. Активную позицию в развитии этих проектов занимает Иркутская область. Губернатор региона Игорь Кобзев заявил о готовности региона участвовать в создании Ангаро-Енисейского кластера глубокой переработки редкоземельных металлов. По его словам, у ряда компаний уже есть лицензии на освоение: ЗАО «Техноинвест Альянс» разрабатывает Зашихинское месторождение, «СТ-элементы» – Большетагнинское, а «Иркутская нефтяная компания» рассматривает сопутствующие проекты [2]. Запуск первых объектов кластера планируется на 2027 год. Сравнительная характеристика месторождений представлена в таблице 1.

Заключение: потенциал и вызовы для России

Таким образом, экономический анализ показывает, что приоритетным направлением развития отечественной редкоземельной отрасли должна стать модернизация Ловозерского ГОКа с постепенным расширением производства. В среднесрочной перспективе целесообразно вводить в эксплуатацию сибирские месторождения (Белозиминское, Зашихинское), обладающие более благоприятными логистическими условиями. Освоение Томтора, несмотря на его уникальный ресурсный потенциал, следует рассматривать как стратегический резерв, требующий дополнительного технологического и экономического обоснования.

Россия обладает уникальным шансом построить современную, технологичную и «зеленую» отрасль РЗМ. Успех возможен только при условии интеграции экологических стандартов в саму основу экономической модели развития отрасли. Это вопрос не только ответственности, но и долгосрочной конкурентоспособности. Реализация этого сценария может стать не только драйвером экономики, но и позитивным экологическим и технологическим брендом России в XXI веке.

Литература

1. В рамках рабочей поездки в Мурманскую область ООО «Ловозерский горно-обогатительный комбинат» (ООО «Ловозерский ГОК») посетил руководитель Горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом» Владимир Верховцев // Росатом Недра [Электронный ресурс] Режим доступа : https://nedra.rosatom.ru/press-tsentr/novosti/v-ramkakh-rabochey-poezdki-v-murmanskuyu-oblast-ooo-lovozerskiy-gorno-obogatitelnyy-kombinat-ooo-lov/ (дата обращения: 31.07.2026).
2. Приангарье готово участвовать в работе кластера редкоземельных металлов // Металлоснабжение и сбыт [Электронный ресурс] Режим доступа : https://www.metalinfo.ru/ru/news/178333 (дата обращения: 31.07.2026).
3. Где в России находятся запасы редкоземельных металлов. Карта // РБК [Электронный ресурс] Режим доступа : https://www.rbc.ru/business/14/03/2025/67d2810e9a7947f7a0c40546?ysclid=mkvlh3tw60714894966 (дата обращения: 14.06.2026).
4. «Уралэлектромедь» загрязняет воздух Кировограда // Экология Производства [Электронный ресурс] Режим доступа : https://www.ecoindustry.ru/news/company/view/7856.html?ysclid=mkvm72posh40371958 (дата обращения: 14.06.2026).
5. Эксперт: разработка месторождений редкоземельных металлов рентабельна // Агентство нефтегазовой информации [Электронный ресурс] Режим доступа : https://angi.ru/news/2927851-Эксперт%3A%20Разработка%20месторождений%20редкоземельных%20металлов%20рентабельна/ (дата обращения: 31.07.2026).
6. Яценко В. А. Особенности экономической оценки эффективности освоения редкоземельных минерально-сырьевых ресурсов / Виктор Анатольевич Яценко. – Текст : электронный. // Мир экономики и управления. – 2020. – № 4. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekonomicheskoy-otsenki-effektivnosti-osvoeniya-redkozemelnyh-mineralno-syrievyh-resursov (дата обращения: 31.07.2026).
7. Not So “Green” Technology: The Complicated Legacy of Rare Earth Mining / Jaya Nayar. – Текст : электронный // Harvard International Review. – August, 2021. – URL : https://hir.harvard.edu/not-so-green-technology-the-complicated-legacy-of-rare-earth-mining/ (дата обращения: 04.07.2026).
8. Distribution of Rare Earths Production Worldwide as of 2024, by Country // Statista [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.statista.com/statistics/270277/mining-of-rare-earths-by-country/?srsltid=AfmBOopl7XHmZZI_AI5h4IEgn3ckr5Jar1DxTtP-2c_8O-Bic_d3cI5I (дата обращения: 14.06.2026).
9. Reserves of Rare Earths Worldwide from 2010 to 2024 // Statista [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.statista.com/statistics/271874/rare-earths-global-reserves/ (дата обращения: 18.06.2026).
10. Rare Earth Elements / The Geological Society of London. – Текст : электронный. // December 2011. – URL : https://www.geolsoc.org.uk/~/media/shared/documents/policy/Rare%20Earth%20Elements%20briefing%20note%20final%20%20%20new%20format.pdf (дата обращения: 27.06.2026).
11. Mineral Commodity Summaries 2025 / U.S. Geological Survey. – March 2025. – 212 p. – Текст : электронный. – ISBN 978-1-4113-4595-9 – URL : https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
12. World Minerals Outlook – Cobalt, Gallium, Helium, Lithium, Magnesium, Palladium, Platinum, and Titanium Through 2029 / Elisa Alonso, Amanda Sarah Brioche, Ruth Schulte. – Текст : электронный. // U.S. Geological Survey. – March 2025. – 19 p. — ISSN 2328-0328 – URL : https://pubs.usgs.gov/publication/sir20255021 (дата обращения: 14.06.2026).
13. Rare Earth Elements Deposits In China: Spatio-Temporal Distribution And Ore-Forming Processes / Yuling Xie, Jiaming Xia, Kai Cui, Yunwei Qu, Pei Liang, RichenZhong. – Текст : электронный // Chinese Science Bulletin. – 2020. – URL : https://www.researchgate.net/publication/347186235_Rare_earth_elements_deposits_in_China_Spatio-temporal_distribution_and_ore-forming_processes (дата обращения: 14.06.2026).
14. The Complex World of Rare Earth Processing: Challenges and Solutions / John Zaden. – Текст : электронный // Discovery Alert. – April, 2025. – URL : https://discoveryalert.com.au/news/rare-earth-elements-processing-challenges-2025/ (дата обращения: 04.07.2026).

Resource potential and investment attractiveness of Russian rare earth elements deposits: comparative analysis

Fedorova V.A., Mikhailova A.A.
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

In the context of the global energy transition and the strengthening of the technological sovereignty of the leading countries, rare earth elements (REEs) are gaining critical strategic importance, turning from a niche raw material into a key factor of geopolitical influence. Russia, which has one of the world's largest REEs resource bases, faces a fundamental dilemma: the need to develop its own industry to ensure economic security while minimizing the environmental consequences of mining and processing. The article provides a comparative economic analysis of three of the most promising deposits in Russia – Tomtorskoye (Yakutia), Lovozersky (Murmansk region) and a group of Siberian deposits Beloziminskoye and Zashikhinskoye (Irkutsk region). Based on the criteria of capital and operating costs, infrastructure availability, logistical availability and projected payback periods, the priority of a phased strategy for the development of the industry is justified. It is concluded that in the short term, the modernization of the existing Lovozersky GOK is the most economically feasible, in the medium term, the development of logistically accessible Siberian deposits, while the development of Tomtor should be considered as a strategic reserve requiring additional technological and economic justification. The proposed approach makes it possible to synthesize economic efficiency with environmental responsibility, forming the basis for the sustainable development of the Russian rare earth industry.

Keywords: Rare earth elements (REEs), Tomtorskoye deposit, Lovozerskoye deposit, Beloziminskoye deposit, Zashikhinskoye deposit, comparative economic analysis, investment attractiveness, technological sovereignty, Russia's resource base, development strategy.

References

1. As Part of a Working Trip to the Murmansk Region, Lovozersky Mining and Processing Plant LLC Was Visited by the Head of the Mining Division of Rosatom State Corporation, Vladimir Verkhovtsev // Rosatom Nedra [Electronic resource] URL : https://nedra.rosatom.ru/press-tsentr/novosti/v-ramkakh-rabochey-poezdki-v-murmanskuyu-oblast-ooo-lovozerskiy-gorno-obogatitelnyy-kombinat-ooo-lov (accessed: 31/07/2026).
2. The Angara Region Is Ready to Participate in the Work of the Cluster of Rare Earth Elements // Metal Supply and Sales [Electronic resource] URL : https://www.metalinfo.ru (accessed: 31/07/2026).
3. Where Are the Reserves of Rare Earth Metals in Russia? Map // RBC [Electronic resource] URL : https://www.rbc.ru/business/14/03/2025/67d2810e9a7947f7a0c40546?ysclid=mkvlh3tw60714894966 (accessed: 14/06/2026).
4. Uralelectromed pollutes the air of Kirovograd // Ecology of Production [Electronic resource] URL : https://www.ecoindustry.ru/news/company/view/7856.html?ysclid=mkvm72posh40371958 (accessed: 14/06/2026).
5. Expert: Development of Rare Earth Metal Deposits Is Profitable // Agency of Oil and Gas Information [Electronic resource] URL : https://angi.ru/news/2927851-Эксперт%3A%20Разработка%20births%20rareearths%20metals%20ispresentable/ (accessed: 07/31/2026).
6. Yatsenko V. A. Features of the Economic Assessment of the Efficiency of the Development of Rare Earth Mineral Resources / Viktor Anatolyevich Yatsenko. – Text : electronic. // The World of Economics and Management. – 2020. – № 4. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekonomicheskoy-otsenki-effektivnosti-osvoeniya-redkozemelnyh-mineralno-syrievyh-resursov (accessed: 31/07/2026).
7. Not So “Green” Technology: the Complicated Legacy of Rare Earth Mining / Jaya Nayar. – Text : electronic // Harvard International Review. – August, 2021. – URL : https://hir.harvard.edu/not-so-green-technology-the-complicated-legacy-of-rare-earth-mining (accessed: 12/06/2026).

Инструменты и механизмы реализации стратегии развития экологического маркетинга

Берко Александр Викторович
аспирант, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского

Эффективная реализация запланированных мероприятий Стратегии развития экологического маркетинга требует использования широкого спектра специализированных инструментов, которые позволят автоматизировать процессы, повысить их эффективность и обеспечить качественное взаимодействие между всеми участниками рынка. Выбор и адаптация данных инструментов должны производиться с учетом специфики и ресурсных возможностей региона. Инструменты, представленные в таблице, разделены на группы в соответствии с их функциональным назначением. Разработанные автором инструменты, отвечают на вопрос "как?" реализовывать мероприятия и сгруппированы по четырем функциональным уровням: автоматизация внутренних процессов, коммуникация с внешней средой, интеллектуальная аналитика и обеспечение безопасности.
Для того чтобы предложенные инструменты и мероприятия были реализованы на практике, необходим четкий механизм их внедрения, включающий в себя конкретные действия, процедуры и ответственных лиц. Механизмы реализации, детализированные в научном исследовании, охватывают все этапы: от государственного регулирования до мониторинга эффективности. Они создают структуру управления процессом цифровизации и обеспечивают координацию всех заинтересованных сторон.
Таким образом, представленная система механизмов создает полноценный управленческий цикл: от планирования через реализацию к контролю и корректировке. Это позволяет не просто декларировать намерения по развитию экологического маркетинга, а реализовать их на практике, обеспечив координацию всех участников, прозрачность процедур и возможность гибкого реагирования на изменения внешней среды.
Ключевые слова: маркетинг, экологический маркетинг, стратегия, инструменты, механизм, государственное регулирование, цифровизация, искусственный интеллект.

Эффективная реализация запланированных мероприятий Стратегии развития экологического маркетинга в Донецкой Народной Республике (ДНР) требует использования широкого спектра специализированных инструментов, которые позволят автоматизировать процессы, повысить их эффективность и обеспечить качественное взаимодействие между всеми участниками рынка (табл. 1).

Выбор и адаптация данных инструментов должны производиться с учетом специфики и ресурсных возможностей региона. Инструменты, представленные в таблице, разделены на группы в соответствии с их функциональным назначением.

Инструменты, представленные в таблице 1, отвечают на вопрос "как?" реализовывать мероприятия и сгруппированы по четырем функциональным уровням: автоматизация внутренних процессов, коммуникация с внешней средой, интеллектуальная аналитика и обеспечение безопасности. Такая структура охватывает все этапы создания и продвижения экопродукта – от проектирования до взаимодействия с потребителем.

Таблица 1
Инструменты реализации Стратегии развития экологического маркетинга (разработано автором)

ГРУППА ИНСТРУМЕНТОВ	ИНСТРУМЕНТЫ	НАЗНАЧЕНИЕ И ОПИСАНИЕ
1. Инструменты автоматизации экологических и маркетинговых процессов	Системы управления жизненным циклом продукции (PLM)	Автоматизация учета экологического следа продукта (углеродный, водный след) на всех этапах: от разработки до утилизации.
	Системы экологического менеджмента (EMS)	Цифровые платформы для учета, контроля и отчетности по экологическим показателям предприятия (выбросы, отходы, энергопотребление).
	Цифровые платформы для мониторинга состояния окружающей среды	Сбор и обработка данных с датчиков о состоянии воздуха, воды и почвы для предоставления потребителям достоверной информации.
2. Инструменты для взаимодействия с клиентами и продвижения	Мобильные приложения и онлайн-платформы для оценки экологичности товаров	Приложения-сканеры штрих-кодов, предоставляющие информацию об экологичности продукта.
	Интернет-маркетинговые платформы и социальные сети	Проведение таргетированных рекламных кампаний, SMM-продвижение экологических брендов, создание комьюнити "зеленых" потребителей.
	Интерактивные карты и веб-порталы "зеленых" мест и производителей	Карты с отметками точек сбора вторсырья, производителей эко-продукции, "зеленых" магазинов и экологических троп.
	Инструменты "зеленой" упаковки с QR-кодами	Маркировка упаковки, позволяющая потребителю мгновенно получить полную информацию о происхождении, составе и экологичности товара.
3. Инструменты на основе искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных	ИИ для анализа рынка и прогнозирования спроса на экотовары	Анализ больших данных (соцсети, поисковые запросы) для выявления трендов и моделирования потребительского поведения.
	ИИ для оптимизации логистики и снижения углеродного следа	Расчет оптимальных маршрутов доставки, сокращающих выбросы CO_2, и управление цепочками поставок.
	ИИ для выявления "зеленого" мошенничества (Greenwashing)	Анализ рекламных утверждений на предмет их достоверности и соответствия экологическим стандартам.
4. Инструменты обеспечения безопасности и доверия	Технологии блокчейн для отслеживания цепочки поставок	Обеспечение прозрачности и неизменности данных о происхождении продукта, подтверждение его экологичности и соответствия стандартам органического производства.
	Системы кибербезопасности для защиты экологических данных	Защита от утечек и взломов систем, содержащих информацию о "зеленых" проектах и персональных данных участников.
	Цифровая подпись для сертификатов соответствия	Защита сертификатов от подделок, подтверждение их подлинности.

1. Инструменты автоматизации направлены на реализацию подцелей 2 и 3. Системы управления жизненным циклом (PLM) позволяют управлять экологическим следом продукта на всех этапах, обеспечивая количественную оценку и последующее маркетинговое позиционирование. Системы экологического менеджмента (EMS) дают возможность в реальном времени отслеживать и снижать экологические показатели предприятия, сокращая издержки. Цифровые платформы мониторинга окружающей среды решают задачу 1.1, предоставляя объективные данные о состоянии природы. Внедрение этих инструментов требует не только финансовых затрат, но и изменения

корпоративной культуры, что делает образовательную программу "Эко-Маркетинг" критически важной [1, С. 191-201.].

2. Инструменты взаимодействия с клиентами ориентированы на подцель 1. Мобильные приложения и онлайн-платформы для оценки экологичности товаров выступают "цифровыми помощниками" потребителя, решая проблему асимметрии информации. Социальные сети и интернет-маркетинг становятся основным каналом коммуникации с молодежью – ключевой аудиторией экопродукции. Интерактивные карты и QR-кодирование на упаковке интегрируют физический продукт с цифровой средой, повышая прозрачность и доверие. Эти инструменты могут быть внедрены на начальном этапе с минимальными затратами, обеспечивая быстрые результаты [2].

3. Инструменты на основе ИИ и больших данных – наиболее инновационный блок, ориентированный на подцели 2 и 3. ИИ для анализа рынка выявляет тренды и моделирует потребительское поведение. ИИ для оптимизации логистики сокращает издержки и углеродный след. ИИ для выявления гринвошинга защищает добросовестных производителей и доверие потребителей. Внедрение этих инструментов требует высокой квалификации и развитой инфраструктуры, поэтому их активное использование планируется на более поздних этапах.

4. Инструменты обеспечения безопасности и доверия выполняют системообразующую роль. Блокчейн обеспечивает неизменность и прозрачность данных о происхождении продукта, исключая фальсификацию сертификации. Системы кибербезопасности защищают коммерчески ценные и персональные данные. Цифровая подпись подтверждает подлинность сертификатов. Эти инструменты создают условия для функционирования всего рынка; без них любые заявления об экологичности остаются декларациями.

Все инструменты образуют единую экосистему: данные мониторинга поступают в мобильные приложения, ИИ проверяет достоверность заявлений, а блокчейн и цифровая подпись защищают всю цепочку. Формируется замкнутый контур: автоматизация создает данные, цифровые каналы доносят их до потребителя, ИИ обеспечивает анализ, а технологии безопасности защищают систему. Такой подход создает целостную цифровую среду экологического маркетинга, обеспечивающую прозрачность и доверие [3, С. 189-194.].

Выбор конкретных инструментов зависит от ресурсных возможностей региона. Рекомендуется поэтапное внедрение: от простых и доступных решений (QR-коды, приложения, соцсети) к сложным технологическим комплексам по мере накопления опыта и создания инфраструктуры. Критически важным условием является формирование нормативно-правовой базы. Переход к практической реализации инструментов осуществляется через систему механизмов, которые будут детализированы в следующем разделе с указанием конкретных процедур, ответственных сторон и этапов внедрения [4, С. 29-31.].

Для того чтобы предложенные инструменты и мероприятия были реализованы на практике, необходим четкий механизм их внедрения, включающий в себя конкретные действия, процедуры и ответственных лиц [5].

Механизмы реализации, детализированные в таблице, охватывают все этапы: от государственного регулирования до мониторинга эффективности. Они создают структуру управления процессом цифровизации и обеспечивают координацию всех заинтересованных сторон (табл. 2).

Детализированное описание пяти ключевых механизмов реализации Стратегии показывает, что каждый из них представляет собой структурированный процесс с четкой последовательностью этапов.

Механизм государственной поддержки и регулирования закладывает правовую и финансовую основу, без которой все остальные инициативы остаются лишь декларациями.

Механизм развития инфраструктуры создает материальную базу – образовательную, технологическую и информационную, – формируя среду, в которой экологический маркетинг может эффективно функционировать.

Механизм стимулирования спроса и предложения непосредственно воздействует на поведение участников рынка, превращая экологические преимущества в экономические выгоды.

Механизм партнерства и сотрудничества обеспечивает консолидацию ресурсов и компетенций всех заинтересованных сторон: государства, бизнеса, науки и граждан.

Наконец, механизм мониторинга и оценки выполняет системообразующую функцию, создавая обратную связь и позволяя оперативно корректировать курс.

Таблица 2

Механизмы реализации Стратегии развития экологического маркетинга (разработано автором)

МЕХАНИЗМ	ЭЛЕМЕНТЫ МЕХАНИЗМА	ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ
1. Государственная поддержка и регулирование	1.1. Разработка и принятие нормативно-правовых актов	Закон об экологической маркировке и сертификации в ДНР. Постановление о порядке осуществления "зеленых" государственных закупок.
	1.2. Финансовая поддержка (гранты, субсидии, налоговые льготы)	Предоставление грантов стартапам в сфере "зеленых" технологий. Налоговые льготы для производителей, получивших экологическую сертификацию. Субсидирование части затрат на энергоэффективные технологии для МСП.
	1.3. Государственные закупки	Установление обязательной квоты на закупку экологически чистых товаров для государственных нужд (медицина, образование, коммунальная сфера).
2. Развитие инфраструктуры	2.1. Образовательная инфраструктура	Создание кафедры "Экологического маркетинга" в ДонНТУ или ДонНУ. Внедрение курсов по эко-маркетингу в программы профессиональной переподготовки и повышения квалификации.
	2.2. Технологическая инфраструктура	Обеспечение доступа к высокоскоростному интернету для бесперебойной работы цифровых платформ. Создание и поддержка облачной платформы для Центра "Зеленых инноваций".
	2.3. Информационная инфраструктура	Создание и наполнение контентом портала "Эко-ДНР". Формирование и ведение реестра экологичных производителей и продуктов.
3. Стимулирование спроса и предложения	3.1. Информационные кампании	Массовая рекламная кампания в СМИ и интернете о преимуществах экопотребления. Размещение социальной рекламы "Мой выбор – Зеленая экономика".
	3.2. Платформы для взаимодействия	Создание онлайн-маркетплейса для реализации товаров местных производителей с эко-маркировкой. Организация B2B-площадок для встречи производителей экотоваров и розничных сетей.
	3.3. Конкурсы и премии	Учреждение ежегодной премии "Зеленая Марка" для предприятий, добившихся наилучших результатов в области экологического маркетинга.
4. Партнерство и сотрудничество	4.1. Государственно-частное партнерство (ГЧП)	Создание совместных предприятий для внедрения систем раздельного сбора отходов и переработки вторичного сырья.
	4.2. Кооперация с научными учреждениями	Разработка методик расчета экологического следа совместно с академическими институтами. Проведение социологических исследований экологических предпочтений населения.
	4.3. Межрегиональное и международное сотрудничество	Обмен опытом с регионами РФ, успешно реализующими "зеленые" стратегии (Москва, Татарстан). Участие в программах международного сотрудничества (ЕАЭС, БРИКС).
5. Мониторинг и оценка	5.1. Система сбора данных	Интеграция цифровых платформ для автоматического сбора показателей, отражающих развитие экологического маркетинга.
	5.2. Регулярный анализ и аудит	Ежегодный независимый аудит реализации Стратегии с публикацией доклада на портале "Эко-ДНР".
	5.3. Корректировка и обратная связь	Создание "горячей линии" и онлайн-приемной для сбора предложений от бизнеса и граждан по совершенствованию Стратегии.

Важно подчеркнуть, что все механизмы тесно взаимосвязаны и должны реализовываться в комплексе. Так, нормативно-правовая база создает основу для финансовой поддержки, которая, в свою очередь, стимулирует развитие образовательной и технологической инфраструктуры. Информационные кампании повышают спрос на экотовары, что требует создания соответствующих платформ взаимодействия. Эффективность всей системы обеспечивается постоянным мониторингом, который выявляет проблемные зоны и позволяет корректировать стратегию.

Таким образом, представленная система механизмов создает полноценный управленческий цикл: от планирования через реализацию к контролю и корректировке. Это позволяет не просто декларировать намерения по развитию экологического маркетинга, а реализовать их на практике, обеспечив координацию всех участников, прозрачность процедур и возможность гибкого реагирования на изменения внешней среды. Успешная реализация требует слаженной работы всех вовлеченных сторон, эффективного управления и постоянного мониторинга хода выполнения каждого этапа, что в совокупности гарантирует достижение поставленных целей и создание устойчивого и конкурентоспособного рынка экологических товаров и услуг в Донецкой Народной Республике.

Литература

1. Крылова, Л. В. Цифровизация агромаркетинга: трансформация инструментов продвижения в аграрном секторе / Л. В. Крылова, В. Н. Кощавка // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2025. – Т. 15, № 11-1. – С. 191-201. – DOI 10.34670/AR.2026.80.94.020. – EDN WQWZKG.

2. Экономическое развитие Донбасса: маркетинговые стратегии, финансовая система и социальные аспекты. Приурочена 160-летию со дня рождения Михаила Туган-Барановского / С. В. Дрожжина, Е. М. Азарян, И. З. Глебова [и др.]. – Донецк : Издательский дом "Научная библиотека", 2024. – 504 с. – ISBN 978-5-00202-654-8. – EDN PAWRSW.

3. Левченко, В. О. Трансформация комплекса маркетинга на фоне стратегического развития искусственного интеллекта / В. О. Левченко // Прикладные экономические исследования. – 2024. – № S2. – С. 189-194. – DOI 10.47576/2949-1908.2024.28.83.026. – EDN LARFHY.

4. Крылова, Л. В. Переход к инновационному маркетингу в современном контексте / Л. В. Крылова // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 9. – С. 29-31. – EDN KAZNPY.

5. Маркетинг в отраслях и сферах деятельности: учебное пособие. Посвящается 105-летию ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет

экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» / Е. М. Азарян, Н. А. Ольмезова, Н. А. Криковцева [и др.]. – Донецк : Издательский дом «Научная библиотека», 2025. – 182 с. – ISBN 978-5-00202-976-1. – EDN PSCQZK.

Tools and mechanisms for implementing the strategy for the development of ecological marketing

Berko A.V.
Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Effective implementation of the planned measures of the Strategy for the Development of Ecological Marketing requires the use of a wide range of specialized tools that will automate processes, increase their efficiency, and ensure high-quality interaction between all market participants. The selection and adaptation of these tools should take into account the specifics and resource capabilities of the region. The tools presented in the table are divided into groups according to their functional purpose. The tools developed by the author answer the question "how?" Implement measures and group them into four functional levels: automation of internal processes, communication with the external environment, intelligent analytics, and security.

In order for the proposed tools and measures to be implemented in practice, a clear implementation mechanism is required, which includes specific actions, procedures, and responsible parties. The implementation mechanisms, detailed in the scientific study, cover all stages: from government regulation to performance monitoring. They create a structure for managing the digitalization process and ensure coordination among all stakeholders. Thus, the presented system of mechanisms creates a full-fledged management cycle: from planning through implementation to control and adjustment.

This makes it possible not just to declare intentions to develop environmental marketing, but to implement them in practice, ensuring coordination among all participants, transparency of procedures, and the ability to respond flexibly to changes in the external environment.

Keywords: marketing, environmental marketing, strategy, tools, mechanism, government regulation, digitalization, artificial intelligence.

References

1. Krylova, L. V. Digitalization of Agromarketing: Transformation of Promotion Tools in the Agricultural Sector / L. V. Krylova, V. N. Koshchavka // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. – 2025. – Vol. 15, No. 11-1. – pp. 191–201. – DOI 10.34670/AR.2026.80.94.020. – EDN WQWZKG.
2. Economic Development of the Donbas: Marketing Strategies, Financial System, and Social Aspects. Dedicated to the 160th Anniversary of the Birth of Mikhail Tugan-Baranovsky / S. V. Drozhzhina, E. M. Azaryan, I. Z. Glebova [et al.]. – Donetsk: "Scientific Library" Publishing House, 2024. – 504 p. – ISBN 978-5-00202-654-8. – EDN PAWRSW.
3. Levchenko, V. O. Transformation of the Marketing Mix in the Context of the Strategic Development of Artificial Intelligence / V. O. Levchenko // Applied Economic Research. – 2024. – No. S2. – pp. 189–194. – DOI 10.47576/2949-1908.2024.28.83.026. – EDN LARFHY.
4. Krylova, L. V. Transition to Innovative Marketing in a Modern Context / L. V. Krylova // Innovations and Investments. – 2024. – No. 9. – pp. 29–31. – EDN KAZNPY.
5. Marketing in Various Industries and Sectors: A Study Guide. Dedicated to the 105th anniversary of the Mikhail Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade / E. M. Azaryan, N. A. Olmezova, N. A. Krikovtseva [et al.]. – Donetsk: "Scientific Library" Publishing House, 2025. – 182 p. – ISBN 978-5-00202-976-1. – EDN PSCQZK.

ESG-повестка в развитии компаний нефтесервисной отрасли России в условиях импортозамещения

Блаженкова Наталья Михайловна
профессор, доктор экономических наук, профессор, Уфимский государственный нефтяной технический университет, bnm61129@yandex.ru,

Гусейнов Мурад Мамедага оглы
аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, murad.h@yandex.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью трансформации нефтесервисных компаний в соответствии с принципами устойчивого развития в условиях геополитических вызовов. В статье исследована проблематика интеграции ESG-принципов в стратегии развития нефтесервисных компаний России, которая обостряется условиями ускоренного импортозамещения и достижения технологического суверенитета под давлением глобальных вызовов. Анализ основных показателей состояния нефтесервисной отрасли России и результатов реализации политики импортозамещения свидетельствуют о формировании благоприятных условий для интеграции в стратегию развития нефтесервисных компаний ESG-принципов. Однако, установлен и ряд противоречий, препятствующих внедрению ESG-повестки нефтесервисными компаниями, в связи с чем были предложены рекомендации по их устранению, реализация которых будет способствовать устойчивому, конкурентоспособному и социально ответственному развитию нефтесервисных компаний и отрасли в целом.

Ключевые слова: нефтесервисная отрасль, нефтесервисная компания, ESG-принципы, ESG-повестка, устойчивое развитие, политика импортозамещения, технологический суверенитет, конкурентоспособность.

Нефтесервисная отрасль России находится в критической точке трансформационных преобразований. В 2022 году, после введения санкций [15] и ухода из страны ведущих международных операторов, перед российскими компаниями встала задача сохранить объемы добычи углеводородов, обеспечить технологическую независимость и одновременно интегрировать принципы ESG-повестки в свою деятельность для сохранения и наращивания конкурентоспособности.

Нефтесервисный сектор представляет собой один из наиболее уязвимых элементов нефтегазовой отрасли [13] в современных экономических условиях, состояние которого характеризуется повышенной чувствительностью к влиянию глобальных вызовов и множества внешних факторов, среди которых [12]:

ценовая волатильность на мировом рынке углеводородов – оказывает прямое влияние на объемы заказов и загрузку производственных мощностей нефтесервисных компаний [6];

технологические ограничения, обусловленные санкционным давлением и политикой импортозамещения, создают серьезные препятствия для обновления оборудования и внедрения прорывных технологических решений, что является особо критичным фактором для высокотехнологичных нефтесервисных компаний [7];

конкурентное давление усиливается в условиях глобальной технологической и цифровой гонки, что формирует необходимость постоянного совершенствования производственных процессов [2];

инвестиционные риски значительно возрастают в связи с неопределенностью рыночной конъюнктуры и необходимости значительных вложений в технологическую модернизацию [16];

кадровый дефицит обостряется в связи с потребностью в высококвалифицированных специалистах, владеющих современными технологиями и способных работать с новым оборудованием [14].

В этих непростых условиях нефтесервисным компаниям, как проводникам высоких технологий в нефтегазовой отрасли [4], необходимо не только сохранять операционную эффективность, но и активно развиваться, адаптируясь к новым реалиям и наращивая конкурентоспособность.

Целью исследования является анализ интеграции принципов глобальной ESG-повестки в развитие предприятий нефтесервисной отрасли России в контексте ускоренного импортозамещения и достижения технологического суверенитета под давлением глобальных вызовов и цифровой трансформации всего топливно-энергетического комплекса.

Научная новизна состоит в оценке состояния и достигнутого уровня развития нефтесервисной отрасли в условиях ускоренного импортозамещения и стремления к технологическому суверенитету, для анализа возможностей интеграции ESG-принципов в стратегию развития нефтесервисных компаний; выявлении противоречий и возможностей их устранения для глубокой интеграции в ESG-повестку.

Методологические подходы, использованные при проведении исследования представляют собой интеграцию (1) анализа основных положений теоретических концепций устойчивого развития и ESG-повестки с позиции истории эволюции экономической мысли; (2) компаративный анализ показателей деятельности ведущих нефтесервисных компаний России за период 2020-2024 годов; (3) качественный анализ практик импортозамещения и технологической трансформации в компаниях отрасли. В качестве методического инструментария применялись методы сбора и аналитической обработки статистических показателей, экономико-статистический анализ, группировка, структуризация, табличная и графическая визуализация.

Эмпирическую базу исследования составляют данные финансовой отчетности ведущих нефтесервисных предприятий по РСБУ за 2020-2024 годы.

Информационной базой исследования послужили аналитические отчеты консалтинговых компаний, данные Федеральной налоговой службы РФ, публикации ведущих нефтегазовых изданий и научные публикации, посвященные проблематике ESG в энергетическом секторе.

Концепция устойчивого развития, сформулированная в докладе Комиссии Брундтланд «Наше общее будущее» (1987), определяется как развитие, удовлетворяющее потребности настоящего времени, не ставящее под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности [9]. Дальнейшее развитие и трансформация данного определения привело к формированию системы принципов управления, охватывающих экологические, социальные и управленческие аспекты деятельности корпораций, которые получили концептуальное оформление в рамках концепции ESG (Environmental, Social, Governance) – устойчивого развития бизнеса, впервые представленной в докладе ООН «Кто заботится – тот выигрывает» (2004) [21].

Параллельно концепции устойчивого развития развивались теоретические подходы к интеграции социальной и экологической ответственности в стратегию ведения бизнеса. Так, Д. Медоуз [19], выдающаяся исследователь в области системного мышления, в своей работе «Пределы роста» (1972) продемонстрировала, что экспоненциальный рост в конечной системе неизбежно

приводит к ее коллапсу, обосновав необходимость переосмысления существующей парадигмы хозяйственного развития. Ее труды заложили методологическую основу понимания экологических ограничений и необходимости интеграции системного мышления в корпоративное управление. Р. Э. Фримен в своей «Теории заинтересованных сторон» (1984) [18] подчеркнул необходимость сбалансированного учета интересов всех групп стейкхолдеров: акционеров, сотрудников, поставщиков, потребителей и местных сообществ. Позднее Дж. Элкингтон разработал концепцию «Тройного критерия» (Triple Bottom Line, TBL) (1994) [17], предложив измерять успех компании по трем показателям: финансовой результативности (Profit), социальной ответственности (People) и экологической устойчивости (Planet). И, наконец, М. Портер и М. Крамер ввели концепцию «Создания общей стоимости» (2006) [20], обосновав, что конкурентоспособность компании и благополучие сообществ, в которых она функционирует, взаимозависимы.

Таким образом, логично заключение, что концепция устойчивого развития, возникшая в контексте глобальной экологической повестки, предполагает и территориальную специфику, и возможность адаптации к локальным условиям. Логика Брундтланд о том, что «устойчивое развитие – глобальная задача и ни одна страна не может развиваться изолированно от других стран» [9] в проекции на региональный и отраслевой уровни, обусловливает необходимость разработки и реализации дифференцированных стратегий в различных отраслях и регионах с учетом их особенностей и специфики.

С позиций идей Дж. Элкингтона, ESG-концепция предполагает гармонизацию трех аспектов деятельности нефтесервисных компаний:

Экологический (Environmental) аспект в нефтесервисной отрасли охватывает: необходимость контроля и управления выбросами парниковых газов, снижением объемов сжигаемого попутного нефтяного газа, рациональным использованием водных ресурсов, управление отходами производства, сохранение биоразнообразия и рекультивацию нарушенных экосистем территорий. В условиях России, где значительная доля месторождений расположена в регионах с особыми экологическими условиями (Арктика, Сибирь), этот аспект приобретает критическое значение.

Социальный (Social) аспект включает: условия и безопасность труда, справедливую оплату труда, развитие человеческого капитала, включение местного населения в хозяйственные процессы, уважение к правам коренных народов, вклад в развитие региональных экономик. Нефтесервисные компании, как правило, являются крупнейшими работодателями в слаборазвитых и депрессивных территориях Сибири и Дальнего востока, что придает социальному аспекту особое значение.

Управленческий (Governance) аспект относится к структурам принятия решений, этике деятельности, защите от коррупции, прозрачности финансовой отчетности, учету интересов заинтересованных сторон. Для российских нефтесервисных компаний, многие из которых прошли через процесс реструктуризации и смены собственников после 2022 года, построение эффективных систем управления стало вопросом выживаемости.

Концепция М. Портера и М. Крамера о создании общей стоимости предлагает решение противоречия между прибыльностью и социально-экологической ответственностью. Применительно к нефтесервисной отрасли это означает, что инвестиции в импортозамещающие технологии, одновременно с ожидаемым ростом конкурентоспособности, должны способствовать созданию рабочих мест, созданию и диффузии знаний и технологических инноваций, развитию кооперационных связей в региональной экономике.

Теория заинтересованных сторон Р. Э. Фримена акцентирует внимание на необходимости выстраивания конструктивного взаимодействия между компанией и внешним окружением. В контексте нефтесервисной отрасли это означает необходимость выстраивания не только технико-хозяйственного взаимодействия с нефтедобывающими компаниями (ВИНК), но и конструктивное взаимодействие с местными сообществами, органами власти, экологическими организациями, местными и международным сообществами.

Финансовые показатели и динамика развития нефтесервисной отрасли

Переходя к анализу финансовых результатов ведущих российских нефтесервисных компаний за 2020-2024 годы (табл. 1), можно отметить, что нефтесервисная отрасль демонстрирует восстановление и рост после минимума 2020 года.

Таблица 1
Ключевые финансовые показатели ведущих нефтесервисных компаний России за период 22020-2024 гг.

Компания	Выручка 2020, млрд руб.	Выручка 2024, млрд руб.	Рост, %	Прибыль 2024, млрд руб.	Рентабельность 2024, %
Бурсервис (Halliburton)	54,5	47,9	95,5	14,1	29,4
Шлюмберже (SLB)	12,8	34,2	167,5	8,5	24,8
Везерфорд (Weatherford)	3,5	13,5	285,7	3,8	28,1
Технологии ОФС (Baker Hughes)	4,2	17,3	311,9	4,2	24,3
ТНГ-Групп	8,1	18,7	130,9	3,1	16,6
РН-Сервис	6,5	14,2	118,5	2,8	19,7
Газпром недра	5,3	11,8	122,6	1,9	16,1
Газпром проектирование	3,8	8,5	123,7	1,2	14,1
Тюменская сервисная геофизическая компания	2,9	6,4	120,7	0,8	12,5
СК Петроальянас	1,6	3,2	100,0	0,35	10,9

Источник – составлено автором по данным отчетности компаний и [1]

По данным Kasatkin Consulting [6] совокупная выручка десяти крупнейших нефтесервисных компаний возросла более чем в 2,4 раза с 72,6 млрд руб. в 2020 до 175,7 млрд рублей в 2024 году. При этом чистая прибыль увеличилась более чем в 10 раз: с 4,1 млрд руб. до 40,8 млрд руб. Такой разрыв между ростом выручки и ростом прибыли указывает на эффект операционного рычага и улучшение технологической эффективности.

Средняя рентабельность продаж в 2024 году составила 19,7 %, что значительно превышает средний показатель для промышленного производства России (5 – 8 %). Такая динамика объясняется как повышением спроса на услуги нефтесервиса со стороны вертикально-интегрированных компаний (ВИНК), вызванным необходимостью поддержания объемов добычи, так и повышением цен на услуги вследствие исключения иностранных конкурентов с рынка после введения санкций.

Наиболее динамичный рост продемонстрировали структуры, унаследовавшие активы ушедших зарубежных компаний: Технологии ОФС (бывшая Baker Hughes) с ростом выручки на 311,9 % и Везерфорд (Weatherford) с ростом 285,7 %. Это свидетельствует о перераспределении рыночных долей в пользу компаний, сумевших переориентировать свои компетенции на российский рынок и обеспечить непрерывность сервиса.

Что касается персонала, то в рассматриваемых 10 компаниях численность персонала возросла с 12,9 тыс. человек в 2020 году доя 13,7 тыс. человек в 2024 году. Рост менее чем на 6 % при увеличении выручки на 142 % свидетельствует о значительном улучшении производительности труда (с 5,6 млрд руб. на одного работника в 2020 году до 12,8 млрд руб. в 2024 году).

Состояние и тренды импортозамещения

Нефтесервисная отрасль является одной из наиболее импортозависимых сегментов российского ТЭК, демонстрируя следующие тренды:

Материальная база. Доля российского нефтегазового оборудования на рынке нефтесервиса увеличилась с 43 % в 2014 году до 65 % в 2023 году. По прогнозам экспертов, при условии продолжения активной политики импортозамещения, к 2030 году этот показатель может достичь 75 – 80 %, что может свидетельствовать о достижении цели технологического суверенитета.

Ключевыми направлениями импортозамещения являются:

роторные управляемые системы (РУС) – ключевое оборудование для наклонно-направленного и горизонтального бурения, начали разрабатывать с момента начала санкционного давления (2014), в 2015 году прошли первые испытания, на сегодняшний день РУС серийно производят предприятия «Электроприбор», НПП «Буринтех», «Геофит» и «Герс Инжиниринг» [5];

гидравлические забойные двигатели (ГЗД) – системы, преобразующие энергию циркулирующего бурового раствора в механическую энергию вращения долота. Российские производители (ООО «ВНИИБТ – Буровой инструмент», ЗАО «НГТ», ООО «РСБ Сервис») развивают технологии, альтернативные импортным аналогам;

гидравлический разрыв пласта (ГРП) – технология, необходимая для разработки трудноизвлекаемых запасов. Отечественная промышленность («Фидмаш», «Эпик 380», «Бецема», «Нефтемаш») наращивает производство специализированного оборудования. В 2025 году намечена поставка первого серийного образца отечественного флота ГРП от «Газпромнефть» и Корпорации «МИТ» [3];

программное обеспечение и системы обработки данных – одно из самых критичных направлений. Развитие отечественных SCADA-систем и обработки каротажных данных стало приоритетом государственной политики.

Государственная поддержка. По данным Министерства промышленности и торговли РФ, объем государственной поддержки проектов по импортозамещению с нефтегазовой отрасли с 2015 года составил 60 млрд руб. В 2024 году было разработано 140 видов импортозамещающей продукции для отрасли [10]. Наибольшую эффективность продемонстрировали такие инструменты, применяемые государством, как специальные инвестиционные контракты (СПИК) и косвенное финансирование НИКОР.

Рыночная динамика. Совокупная выручка нефтесервисных компаний, по прогнозам Kasatkin Consulting [6], может достичь 2,6 трлн руб. в 2025 году (рост на 4% к 2024 году), а в 2026-2027 годах среднегодовой темп ускорится до 14%, достигнув 3,4 трлн руб. в 2027 году. При сохранении текущего валютного курса рубля рынков нефтесервиса в России может вырасти с 20 млрд. долл. в (2022 году) до 24 млрд долл. к 2030 году.

Эксперты сходятся во мнении, что политика импортозамещения, активно проводимая в России с 2022 года, доказала свою эффективность. Согласно аналитическим данным ЦДУ ТЭК, доля локализации нефтесервисного оборудования выросла с 43% в 2014 году до 65% в конце 2023 года [11], в

2025 году по данным комитета Госдумы по энергетике доля локализации составляет 70%, а к 2030-му может достигнуть 90% [10].

ESG-аспекты в стратегиях нефтесервисных компаний

Экологический аспект в стратегиях нефтесервисных компаний находит отражение в комплексе мероприятий, реализуемых по направлениям:

снижение объемов попутного нефтяного газа: внедрение систем улавливания газа на буровых скважинах, что снижает вредные выбросы и одновременно повышает энергоэффективность операций;

рециклинг буровых растворов: использование замкнутых циклов в обработке буровых растворов, что снижает объем отходов и загрязнения водных ресурсов;

энергоэффективность оборудования: применение электроприводных насосов вместо дизельных, переход на возобновляемые источники энергии на некоторых объектах в регионах, где это возможно;

управление экологическими рисками: разработка внутриотраслевых стандартов и практик по предотвращению разливов, аварийных выбросов и других чрезвычайных ситуаций.

Социальный аспект реализуется в формате программ по направлениям:

развитие человеческого капитала: инвестиции в профессиональное обучение сотрудников, программы адаптации для молодых специалистов, повышение квалификации кадров на собственных тренировочных центрах;

условия труда и безопасность: внедрение международных стандартов охраны труда (ISO 45001), систем управления здоровьем и безопасностью на производстве (HSOP);

справедливая оплата труда: индексация зарплат в соответствии с инфляцией, обеспечение социального пакета, включающего медицинское страхование и пенсионные взносы;

привлечение местного персонала: при реализации проектов в отделенных и труднодоступных регионах компании практикуют найм местного населения, чему способствует развитие производственно-технической базы в регионах;

отношения с местным сообществом: спонсорство культурных и спортивных проектов, поддержка учреждений образования и здравоохранения в регионах присутствия.

Управленческий аспект, отражающий требования инвесторов и государственных органов, реализуется нефтесервисными компаниями в следующих направлениях: развитие независимого аудита: внедрение систем внутреннего контроля, привлечение независимых аудиторов для проверки финансовой отчетности и соответствия стандартам ESG; повышение прозрачности отчетности: публикация нефинансовых отчетов в соответствии с глобальными стандартами (GRI, SASB, TCFD), описание рисков и возможностей в контексте изменения климата; укрепление структуры управления: создания специализированных должностей и подразделений, отвечающих за вопросы устойчивого развития и ESG, интеграция этих направлений в работу совета директоров [8]; борьба с коррупцией: кодексы этики, системы анонимного информирования о нарушениях, регулярное обучение персонала вопросам противодействия коррупции.

Основные вызовы и противоречия интеграции ESG-повестки. Проведенный анализ позволил выявить ряд фундаментальных противоречий между логикой импортозамещения и долгосрочными целями ESG-трансформации (рис. 1).

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что интеграция ESG-принципов в нефтесервисную отрасль России носит противоречивый и незавершенный характер. С одной стороны, финансовые показатели свидетельствуют о восстановлении и даже ускоренном развитии сектора, что создает материальную базу для инвестиций в ESG-инициативы, с другой – политика импортозамещения хотя и ориентирована на долгосрочные цели развития, в настоящее время оказывает краткосрочное давление, которое может привести к техническим компромиссам и недооценке социально-экологических факторов. Концепция общей стоимости М. Портера может служить методологической рамкой для преодоления данного противоречия, при условии, что нефтесервисные компании рассматривают импортозамещение не как техническую задачу, а видят в нем возможность создания ценности для стейкхолдеров – инвесторов, сотрудников, местных сообществ, государства и др., что может привести к более гармоничной интеграции ESG-принципов и экономической эффективности.

Обсуждение результатов

Государственная поддержка, реализуемая в форме СПИК, налоговых преференций и прямого финансирования НИОКР, содействовала формированию благоприятных условий для ускоренного развития отечественного нефтесервиса. Однако существует риск, что без адекватного встраивания ESG-требований в эти программы поддержки, может произойти консервация оптимальных с точки зрения экологии и социальной справедливости технологических решений. Более целесообразным подходом представляется интеграция критериев ESG в оценку эффективности государственной поддержки, т. е. проекты, получающие государственное финансирование должны оцениваться не только с точки зрения технико-хозяйственной эффективности, но и с позиции их соответствия принципам устойчивого развития, предполагающим снижение экологического воздействия, рост социальных эффектов и повышение качества управления.

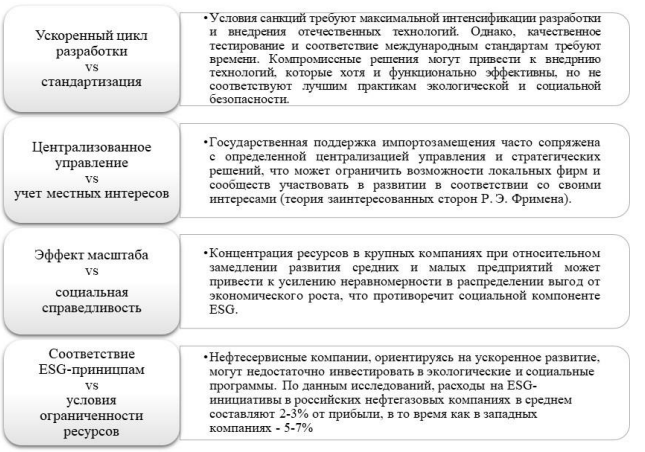


Рисунок 1 – Фундаментальные противоречия между ESG-трансформацией и политикой импортозамещения

Вынужденное, по сути, ускоренное импортозамещение может выступать катализатором для более глубокой ESG-трансформации, проявление которого заключается в реализации российскими компаниями долгосрочных интересов в развитии регионов и их восприимчивости к государственному регулированию в целях повышения социальной ответственности. При правильной политической поддержке импортозамещение может явиться эффективным инструментом для реализации целей устойчивого развития, включая: диверсификацию экономики, экологическую модернизацию и социальное развитие.

Наблюдаемая в настоящий момент конкурентная динамика в нефтесервисной отрасли России характеризуется концентрацией рыночной власти в руках крупных игроков, унаследовавших активы иностранных компаний, покинувших рынок. Возникает риск олигополизации сектора и, соответственно, ограничения конкуренции, что может негативно влиять на социальный аспект ESG-повестки, предполагающий обеспечение справедливой конкуренции, равного доступа к услугам для малых и средних предприятий. Для обеспечения здоровой конкурентной среды и более гармоничной интеграции ESG-принципов целесообразно поддерживать развитие средних и малых предприятий, которые зачастую более гибкие, адаптивные и активнее внедряют инновационные решения.

Заключение

Анализ состояния нефтесервисной отрасли России выявил ее динамичное восстановление и значительный рост основных финансовых показателей за рассматриваемый период 2020-2024 годов, что способствовало формированию материальной базы и обеспечило возможности инвестирования в устойчивое развитие.

Политика импортозамещения, активно реализуемая в условиях санкционного давления, продемонстрировала свою результативность, что нашло отражение в повышении доли отечественного оборудования на рынке и развитии критически важных технологий.

Однако, интеграция ESG-принципов в стратегии нефтесервисных компаний носит неполный и противоречивый характер. Хотя крупные компании инициируют программы в области охраны труда, экологического менеджмента и прозрачности управления, масштаб и систематичность этих инициатив остаются недостаточными для обеспечения последовательной полномасштабной ESG-трансформации и достижения устойчивого роста.

Выявленными ключевыми противоречиями в этом процессе являются: (1) временная асимметрия, обусловленная конфронтацией требований ускоренного импортозамещения и необходимостью строгой стандартизации и тестирования новых технологий в соответствии с требованиями ESG; (2) дисбаланс в реализации интересов стейкхолдеров (малый и средний бизнес, местные сообщества, экологические организации), обусловленный концентрацией ресурсов в крупных компаниях; (3) ресурсные ограничения, обусловленные низким уровнем инвестиций в ESG в сравнении с международными стандартами.

Для преодоления обозначенных противоречий необходимо:

Интеграция ESG-принципов в государственные программы поддержки импортозамещения, что позволит увязать получение государственных ресурсов с достижением целей устойчивого развития;

Развитие конструктивного многоуровневого диалога между основными стейкхолдерами – нефтесервисными компаниями, ВИНК, государством, местными сообществами, экологическими организациями – для формирования консенсуса относительно баланса между краткосрочными экономическими целями и долгосрочными целями устойчивого развития;

Поддержка диверсифицированной структуры рынка, включающей не только крупные компании, но и малые и средние предприятия, способные быстро адаптироваться к изменяющимся ESG-требованиям;

Разработка и развитие отечественных стандартов и норм ESG-отчетности, адаптированных к российским условиям и одновременно совместимых с международными стандартами, что позволит российским нефтесервисным компаниям конкурировать на глобальном рынке не только в части технико-экономических, но и по социально-экологическим показателям.

Нефтесервисная отрасль Российской Федерации переживает этап качественных преобразований. Системная интеграция ESG-инициатив может трансформировать текущие вызовы в стратегические возможности и драйверы роста для создания устойчивой, конкурентоспособной и социально-ответственной отрасли, способной внести значимый вклад в достижение целей устойчивого развития на национальном и глобальном уровнях.

Литература

1. Бур сбавил обороты. [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – № 66, Апрель 2025. – 11.04.2025. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7642340 (дата обращения: 01.11.2025)
2. Галушко, М. В. Нефтегазовый сервис в структуре нефтегазовой отрасли, как необходимый ресурс повышения инвестиционной привлекательности нефтегазовой промышленности / М. В. Галушко, Н. В. Спешилова, В. А. Веревкин // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 10. – EDN VYVQPM.
3. Гидроразрыв на триллион тонн: Россия создала собственный флот ГРП, но этого мало [Электронный ресурс] // MASHNEWS. – 22.04.2024. – URL: https://mashnews.ru/gidrorazryiv-na-trillion-tonn-rossiya-sozdala-sobstvennyij-flot-grp-no-etogo-malo.html (дата обращения: 10.11.2025)
4. Гусейнли, О. Б. Роль нефтесервиса как ключевого проводника высоких технологий в нефтегазовой промышленности / О. Б. Гусейнли // Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства: Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, Махачкала, 25–26 сентября 2024 года. – Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2024. – С. 131-135. – EDN OMOFAN.
5. Импортозамещение роторно-управляемых систем: каковы успехи? [Электронный ресурс] // Нефтегазовая промышленность. – № 6. – 03.12.2024. – URL: https://nprom.online/technology/importozameshhenie-rotorno-upravlyaemyh-sistem-kakovy-uspehi/ (дата обращения: 10.11.2025)
6. Касаткин, Д. Б. Обзор рынков добычи и нефтесервиса / Д. Б. Касаткин // Бурение и нефть. – 2025. – № 2. – С. 3-12. – DOI 10.62994/2072-4799.2025.63.82.001. – EDN CNMZVU.
7. Крюков, Я. В. Организационно-экономические барьеры функционирования российской нефтесервисной отрасли / Я. В. Крюков // Идеи и идеалы. – 2025. – Т. 17, № 1-2. – С. 241-256. – DOI 10.17212/2075-0862-2025-17.1.2-241-256. – EDN VNJOMT.
8. Минаков, А. В. Современные проблемы в реализации системы управления на предприятиях нефтегазового сектора / А. В. Минаков // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 4(177). – С. 905-911. – DOI 10.34925/EIP.2025.177.4.156. – EDN VOCYSA.
9. Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / пер. с англ.; под ред. С. А. Евтеева и Р. А. Перелета; авт. предисл. Г. Харлем Брундтланд. – Москва: Прогресс, 1989. – 371, с. – ISBN 5-01-001747-4.
10. От нефтеотдачи к суверенитету [Электронный ресурс] // Ведомости.Промышленость. – 04.09.2025. – URL: https://www.vedomosti.ru/industry/industrial_policy/articles/2025/09/03/1136469-ot-nefteotdachi-k-suverenitetu (дата обращения: 10.11.2025)
11. Перспективы нефтесервиса в России. [Электронный ресурс] // ЦДУ ТЭК. 19.11.2024. – URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/1302/?PAGEN_1=3 (дата обращения: 10.11.2025)
12. Садыков, Р. А. Состояние и перспективы развития нефтесервисных компании / Р. А. Садыков // Проблемы управления социальными и экономическими системами в современной России: Сборник научных статей. – Ульяновск: ИП Кеньшенская В.В. (издательство "Зебра"), 2024. – С. 143-146. – EDN EETMSA.
13. Токарев, А. Н. Нефтесервис в России: в поисках эффективной структуры / А. Н. Токарев // ЭКО. – 2010. – № 4(430). – С. 33-52. – EDN MLJGYR.
14. Шагаров, К. Р. Кадровое обеспечение нефтегазовой отрасли в новых условиях / К. Р. Шагаров // Научный аспект. – 2024. – Т. 32, № 5. – С. 4348-4353. – EDN OGILHU.
15. Шагундокова, Д. А. Нефтегазовая промышленность в условиях современных геополитических вызовов / Д. А. Шагундокова, А. А. Филобок // Современные территориальные исследования: сборник научных статей. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2025. – С. 378-381. – EDN EPWTJH.
16. Ялмаев, Р. А. Стратегическое планирование и анализ управления инвестиционными рисками в нефтегазовой отрасли / Р. А. Ялмаев, Л. У. Хациева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 7, № 5(158). – С. 79-84. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.07.010. – EDN SEJCUE.
17. Elkington, J. Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development / J. Elkington // California Management Review. – 1994. – Vol. 36. – P. 90–100.
18. Freeman, R. E. Strategic Management: A Stakeholder Approach / R. E. Freeman. – Boston: Pitman, 1984. – 276 p. – ISBN 0-273-01913-9.
19. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind / D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III. – New York: Universe Books, 1972. – 205 p. – ISBN 0-87663-165-0.
20. Porter, M. E., and M. R. Kramer. Creating Shared Value [Electronic resource] // Harvard Business Review 89, nos. 1–2 (January–February 2011): 62–77. – URL: https://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumPorterKramer2011.htm (date of access: 10.11.2025).
21. United Nations Global Compact. Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World [Electronic resource] // The United Nations; The World Bank. – 2004. – URL: https://esg-library.mgimo.ru/publications/who-cares-wins-connecting-financial-markets-to-a-changing-world/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (date of access: 10.11.2025).

ESG agenda in the development of Russian oilfield service companies under import substitution conditions

Blazhenkova N.M., Guseynov M.M. oglu
Ufa State Petroleum Technological University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The relevance of the study is due to the need to transform oil service companies in accordance with the principles of sustainable development in the context of geopolitical challenges. The article explores the integration of ESG principles into the development strategies of Russian oil service companies, which is becoming increasingly important in the context of accelerated import substitution and achieving technological sovereignty in the face of global challenges. The analysis of key indicators of the Russian oil service industry and the results of the import substitution policy indicate that favorable conditions are emerging for integrating ESG principles into the development strategies of oil service companies. However, a number of contradictions were identified that hinder the implementation of the ESG agenda by oilfield service companies, and recommendations were proposed to address these issues. These recommendations will contribute to the sustainable, competitive, and socially responsible development of oilfield service companies and the industry as a whole.

Keywords: oil services industry, oil services company, ESG principles, ESG agenda, sustainable development, import substitution policy, technological sovereignty, and competitiveness.

References

1. The drill has slowed down. [Electronic resource] // Kommersant. – No. 66, April 2025. – 11.04.2025. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7642340 (accessed: 01.11.2025)
2. Galushko, M. V. Oil and gas service within the structure of the oil and gas industry as a necessary resource for increasing the investment attractiveness of the oil and gas industry / M. V. Galushko, N. V. Speshilova, V. A. Verevkin // Vestnik evraziyskoy nauki. – 2022. – Vol. 14, No. 2. – P. 10. – EDN VYVQPM.
3. Fracking for a trillion tons: Russia has created its own fracking fleet, but that's not enough [Electronic resource] // MASHNEWS. – 22.04.2024. – URL: https://mashnews.ru/gidrorazryiv-na-trillion-tonn-rossiya-sozdala-sobstvennyij-flot-grp-no-etogo-malo.html (accessed: 10.11.2025)
4. Guseynli, O. B. The Role of the Oil Service as a Key Conductor of High Technologies in the Oil and Gas Industry / O. B. Guseynli // Mechanism for Implementing the Strategy of Socio-Economic Development of the State: Collection of Materials of the XVI International Scientific and Practical Conference, Makhachkala, September 25–26, 2024. – Makhachkala: Dagestan State Technical University, 2024. – Pp. 131–135. – EDN OMOFAN.
5. Import substitution of rotary-controlled systems: what are the achievements? [Electronic resource] // Oil and Gas Industry. – No. 6. – 03.12.2024. – URL: https://nprom.online/technology/importozameshhenie-rotorno-upravlyaemyh-sistem-kakovy-uspehi/ (accessed: 10.11.2025)
6. Kasatkin, D. B. Overview of production and oilfield services markets / D. B. Kasatkin // Drilling and Oil. – 2025. – No. 2. – Pp. 3-12. – DOI 10.62994/2072-4799.2025.63.82.001. – EDN CNMZVU.
7. Kryukov, Ya. V. Organizational and economic barriers to the functioning of the Russian oilfield services industry / Ya. V. Kryukov // Ideas and Ideals. – 2025. – Vol. 17, No. 1–2. – Pp. 241–256. – DOI 10.17212/2075-0862-2025-17.1.2-241-256. – EDN VNJOMT.
8. Minakov, A. V. Modern Problems in Implementing the Management System at Enterprises in the Oil and Gas Sector / A. V. Minakov // Economics and Entrepreneurship. – 2025. – No. 4(177). – Pp. 905–911. – DOI 10.34925/EIP.2025.177.4.156. – EDN VOCYSA.

Руководство вузом на пути к технологическому лидерству

Бондарчук Наталья Витальевна
д.э.н., профессор кафедры экономики, Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС", bondarchuk.nv@misis.ru

Исследование рассматривает деформации управления российскими университетами при реализации государственной программы технологического лидерства. На основе тематического синтеза публикаций 2023–2026 годов. Выделен режим принудительной инновации, в котором цели технологического развития навязываются без адекватного ресурсного обеспечения. Показано, что в этих условиях доверие к преподавателям превращается в механизм перекладывания ответственности, а экосистемный подход подменяется созданием прокси-организаций, не обеспечивающих реальный трансфер разработок. Зафиксирован кадровый дефицит в ключевых отраслях и разрушение реципрокного цикла развития лидерских компетенций. Сформулированы рабочие дефиниции парадоксального лидерства, прокси-организации и принудительной инновации. Предложены диагностические индикаторы и практические меры, включающие пересмотр обязательств перед учредителем, привязку финансирования посреднических структур к измеримым результатам, обязательную интеграцию завершенных исследований в программы дополнительного образования.

Ключевые слова: принудительная инновация, парадоксальное лидерство, прокси-организации, технологическое лидерство, управление вузом, кадровый дефицит, трансфер технологий, реципрокность.

Введение

Университеты в России оказались в ситуации, когда старая логика управления больше не работает. Есть Указ № 309 и программа «Приоритет-2030» — они требуют, чтобы вузы стали технологическими лидерами. Но посмотрите на цифры: внутренние затраты на исследования и разработки — 0,97% ВВП, а целевой показатель — 2% [1]. Разрыв очевиден. Цели спускают сверху, но ресурсов под них не дают. Возникает то, что я называю принудительной инновацией: вуз обязан демонстрировать прорывы, которых физически не может обеспечить. Ректор в этой системе — не стратег, который выбирает траекторию, а заложник отчетных форм. Он балансирует между тем, что требует министерство, и тем, что реально происходит в университете.

Задача данной работы — показать, какие управленческие деформации возникают в этих условиях и какие решения способны их ослабить.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили публикации 2023–2026 годов. Критериями включения стали наличие оригинальных эмпирических данных или теоретической модели, прямое отношение к управлению университетом в условиях технологических изменений, а также публикация в рецензируемом журнале или сборнике конференции. Исключались работы без аналитической составляющей.

Анализ проводился методом тематического синтеза.

Ограничением метода является неравномерность источниковой базы: зарубежные исследования методологически сильнее, российские чаще описательны. Это учитывалось при интерпретации результатов.

Деформация доверия

Исследование М. Лауфера и др. на материале 68 интервью в восьми европейских университетах показывает, что доверие к сотрудникам иногда превращается в инструмент перекладывания ответственности. Руководство апеллирует к инициативе преподавателей, но не предоставляет инфраструктуры, финансирования и методической поддержки. Формулировка авторов точна: «руководители университетов иногда использовали доверие для оправдания перекладывания ответственности за цифровые изменения на плечи сотрудников, не предоставляя поддержки в виде инфраструктуры, финансирования и руководства» [2]. В российских условиях этот механизм усиливается административным давлением. Пятнадцать ректоров, опрошенных Н.Е. Крыловым, назвали главные болячки «Приоритета-2030»: отчетности слишком много, ресурсы распределены неравномерно, междисциплинарные проекты поддержать почти невозможно [3]. Получается, ректор — заложник цифр, которые не имеют отношения к реальному трансферу технологий. И это давление он вынужден передавать дальше, вниз по иерархии.

Какую цену платят за такое давление люди, видно из опроса 738 студентов МГТУ имени Баумана, который провели А.Л. Сазонова и П.Е. Венгер. 54% жалуются на слишком высокую учебную нагрузку, уровень тревожности выше, чем по другим шкалам [4]. Студент здесь — не субъект, а объект той самой принудительной инновации. Если руководитель игнорирует перегрузку, он теряет главное — мотивацию коллектива.

Прокси-организации

В российском дискурсе технологическое лидерство часто связывают с построением университетских экосистем. Но на практике экосистемная риторика вырождается в создание формальных структур. А.А. Рабцевич, опираясь на данные Росстата, приводит цифры: доля вузов в создании передовых производственных технологий выросла с 22,1% в 2014-м до 26,9% в 2023-м. При этом он признает необходимость посредников — технопарков, кластеров, консорциумов [5]. Такие прокси-организации имитируют экосистему, не выполняя интегративной функции. Ю.А. Ковальчук и И.М. Степнов формулируют жесткое возражение: «экосистемы технологических лидеров являются именно проявлением этого лидерства, а не инструментом его достижения» [6]. Если лидерства нет, создание прокси-структур лишь отвлекает ресурсы.

Модель TOP, предложенная Дж.М. Дуартом и М. Ромеро, акцентирует этическую ответственность и человекоцентричность, но остается декларацией, поскольку не операционализирована и не проверена эмпирически [7]. Количественный разрыв фиксирует Н.Н. Аниськина: по итогам самообследования 31 вуза показатель «трансфер разработок» в программы дополнительного профессионального образования составил 6,33 балла из максимально возможного [8]. Аграрный кейс Т.Б. Путивской и Е.А. Подсеваткиной [9] дополняет картину: из 400 заявок на «Студенческий стартап» профинансировано 26 проектов, но их дальнейшая судьба не отслеживается.

Кадровый дефицит и разрушение реципрокности

З. Хаджуейнежад и С. Скотт, построив обоснованную теорию на 19 интервью в иранских университетах, показали, что лидерские компетенции развиваются через практику и одновременно переформатируют институциональную среду. «Лидеры развивают компетенции через практику, и их развитие в свою очередь переформатирует институциональную среду» [310]. При-

нудительная инновация разрывает этот цикл: среда задана директивно, пространство для практики сужено отчетностью. Ситуация с инженерными кадрами в оборонно-промышленном комплексе близка к критической. По данным И.Б. Родиной, в Свердловской области более полусотни предприятий искали две тысячи инженеров. Часть заводов перешла на шестидневку, а те, что выпускают вооружение, — на работу в три смены [11]. Университеты не в состоянии покрыть эту потребность: им самим не хватает преподавателей, способных готовить специалистов под новые технологические вызовы.

И.А. Соколова и А.В. Соколов пишут об управлении персоналом как инструменте «Приоритета-2030», но эмпирики у них нет [12]. И.В. Долгих предлагает алгоритм формирования кадрового резерва — тоже скорее на бумаге [13]. Е.Ф. Киреева и А.С. Поздняев замечают: технологическое лидерство всегда национально окрашено, нельзя требовать от одного вуза быть сильным во всем [14]. Руководство обязано выбирать, на чем сконцентрироваться, но этот выбор должен исходить из реальных возможностей, а не из фантазий.

Дефиниции для управленческой практики

Уточним термины. Под технологическим лидерством вуза имеется в виду умение не просто разрабатывать передовые производственные технологии, но и доводить их до реального внедрения, а затем встраивать в учебные курсы. Индикатором выступает доля разработок, дошедших до промышленного использования и учебных курсов, а не число патентов или публикаций.

В настоящей работе предлагается опираться на следующие термины.

Принудительная инновация — режим, при котором цели лидерства навязываются без обеспечения ресурсной базы.

Парадоксальное лидерство — вынужденная позиция ректора, совмещающего имитацию достижений перед регулятором с попытками сохранить реальную научно-образовательную деятельность.

Прокси-организация — формальная структура, подменяющая экосистемный механизм трансфера.

Таблица 1
Эмпирические индикаторы

Индикатор	Значение	Источник	Что означает для технологического лидерства вуза
Затраты на исследования и разработки, % ВВП	0,97 при цели 2,0	[1]	Хронический дефицит ресурсов, исключающий полноценный цикл «разработка — внедрение»
Трансфер разработок в программы ДПО, балл по самообследованию 31 вуза	6,33 из максимально возможного	[15]	Научные результаты не превращаются в курсы, кадровый разрыв не закрывается
Дефицит инженерных кадров в ОПК Свердловской области	2000 сотрудников на 50+ предприятий	[11]	Ключевая отрасль испытывает голод, который вуз не может утолить
Доля передовых производственных технологий, созданных вузами	26,9% в 2023 (рост с 22,1% в 2014)	[5]	Формальный рост числа разработок без данных о внедрении и коммерциализации
Прирост публикаций в Scopus после запуска «Приоритета-2030»	15–20% в год	[3]	Рост отчетных показателей может быть следствием административного давления, а не научного прорыва
Судьба студенческих стартапов после грантов	26 проектов получили по 1 млн руб., дальнейшая судьба неизвестна	[9]	Нет данных о выживаемости, экосистемная модель не отслеживает результат
Уровень учебной нагрузки студентов МГТУ	54% отмечают высокую нагрузку	[4]	Человеческий ресурс расходуется на выживание, а не на развитие технологических компетенций

Цифры складываются в последовательность, где каждый элемент усиливает следующий. Дефицит финансирования провоцирует перекладывание ответственности, что ведет к формализму. Прокси-организации оттягивают ресурсы, не обеспечивая трансфера, а кадровый голод усиливает нагрузку на оставшихся. В результате разрушается реципрокный цикл развития компетенций, описанный З. Хаджуейнежадом и С. Скоттом [10].

Анализ методологических подходов раскрыт таблицей 2.

Таблица 2
Аналитика

Аспект	Зарубежные работы [2, 16, 7, 10]	Российские работы [5, 8, 15, 11]	Вывод для технологического лидерства вуза
Теоретическая база	Сложностная теория лидерства, обоснованная теория, постцифровой подход, TOP-модель	Нормативные модели без устоявшейся теории, описательные схемы	Без теории нельзя выявить скрытые механизмы деформации
Эмпирическая насыщенность	68 интервью, 19 интервью с валидацией	Лишь 2 из 12 работ имеют солидную эмпирику	Дефицит полевых данных мешает оценить реальное состояние трансфера
Критичность	Проблематизируют доверие, неопределенность, экосистемы	Исходят из заданной государственной цели, редко ставят ее под сомнение	Отсутствие критики приводит к тиражированию имитационных практик
Контекстуальная чувствительность	Выявлены различия между странами и национальными моделями управления	Региональный разрез используется редко, преобладают средние показатели	Усреднение скрывает дифференциацию, критичную для выбора стратегии
Практические рекомендации	Абстрактные, но глубокие, направлены на изменение культуры	Конкретные, но поверхностные, часто сводятся к алгоритмам	Без культурных изменений конкретные меры вырождаются в имитацию
Качество изданий	Scopus Q1–Q2	ВАК категории 2, нерецензируемые журналы	Слабая экспертиза снижает достоверность выводов

Управленческие решения

Выход из режима принудительной инновации требует одновременного изменения трех параметров: соразмерности целей и ресурсов, перехода от прокси-имитации к прямому трансферу, восстановления реципрокного развития компетенций (таблица 3).

Таблица 3
Меры реагирования

Направление	Текущее состояние	Целевое состояние	Инструмент перехода
Финансирование науки	0,97% ВВП	Не менее 1,5% ВВП	Пересмотр обязательств, внутреннее перераспределение
Трансфер технологий	Прокси без результатов	Прямые контракты	Привязка финансирования к KPI, ликвидация неэффективных структур
Программы ДПО	Разрыв 6,33 балла	Обновление на основе НИОКР	Обязательная трансляция результатов в учебные программы
Кадровый потенциал	Дефицит, выгорание	Подготовка под задачи	Проектное обучение, отказ от дублирующих дисциплин
Управленческая культура	Имитация успеха	Ориентация на результат	Внешний аудит, дебюрократизация

Перечисленные меры не являются отдаленной перспективой. Они реализуемы в течение двух-трех лет при условии политической воли руководства вузов и отказа от имитационных практик. Главный барьер не технический, а культурный: пока успех измеряется числом отчетов, а не внедренных технологий, порочный круг будет воспроизводиться. Технологическое лидерство требует честной оценки ресурсных ограничений и готовности отказаться от нереалистичных обязательств. Только тогда доверие, трансфер и кадровое развитие смогут восстановить реципрокный цикл, описанный З. Хаджуейнежадом и С. Скоттом [10].

Предложенные направления не претендуют на исчерпывающую полноту, но задают вектор выхода из институциональной ловушки. Дальнейшие исследования должны проверять эффективность конкретных инструментов на пилотных площадках, фиксируя не только формальные показатели, но и динамику реального трансфера технологий и кадрового обеспечения.

Литература

1. Кузнецова, Е. И. Технологическое лидерство как цель государственной политики в сфере обеспечения экономической безопасности / Е. И. Кузнецова // Вестник экономической безопасности. – 2025. – № 3. – С. 200-204. – DOI 10.24412/2414-3995-2025-3-200-204. – EDN CYBKKI.
2. Leading with Trust: How University Leaders can Foster Innovation with Educational Technology through Organizational Trust / M. Laufer, B. Deacon, M. A. Mende, L. O. Schäfer // Innovative Higher Education. – 2024. – DOI 10.1007/s10755-024-09733-5. – EDN KSDRGQ.
3. Крылов, Н. Е. Программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»: анализ опыта и перспективы развития / Н. Е. Крылов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. – 2025. – Т. 11 (77), № 3. – С. 25-39. – EDN NDOHTI.
4. Сазонова, А. Л. Социальное самочувствие студентов технического вуза в условиях реализации программы технологического лидерства / А. Л. Сазонова, П. Е. Венгер // Позиция. Философские проблемы науки и техники. – 2024. – № 22. – С. 157-163. – EDN UJJDSH.
5. Рабцевич, А. А. Университет как драйвер технологического развития региональной экономики / А. А. Рабцевич // Вопросы управления. – 2026. – Т. 20, № 1. – С. 111-128. – EDN PDDQMP.
6. Ковальчук, Ю. А. Цифровое технологическое лидерство бизнес-экосистем / Ю. А. Ковальчук, И. М. Степнов // Друкеровский вестник. – 2023. – № 2(52). – С. 44-54. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-2-44-54. – EDN PZKBNV.
7. Duart, J.M., Romero, M. (2027). University Leadership in AI-Driven Digital Transformation: A European Perspective Through the TOP Model. In: Chui, K.T., Li, C., Jia, J., Cheung, S.K.S., Lee, F.WF., Shang, J. (eds) Blended Learning. Innovations for Future Education. ICBL 2026. Lecture Notes in Computer Science, vol 16778. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-92-3761-6_1

8. Аниськина, Н. Н. Анализ готовности вузов к решению задач технологического лидерства / Н. Н. Аниськина // Дополнительное профессиональное образование в стране и мире. – 2025. – № 4(72). – С. 29-34. – EDN LSOIFG.
9. Путивская, Т. Б. Аграрные университеты и технологическое лидерство / Т. Б. Путивская, Е. А. Подсеваткина // Островские чтения. – 2025. – № 1. – С. 185-189. – EDN RMZGKH.
10. Khajoueinejad, Z., Scott, S. Directing the wave of digitalization by leadership development for digital universities: a grounded theory study. Int J Educ Technol High Educ 23, 29 (2026). https://doi.org/10.1186/s41239-026-00608-7
11. Родина, И. Б. Технологическое лидерство в отраслях оборонно- промышленного комплекса Российской Федерации (на примере Уральского экономического района) / И. Б. Родина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2026. – № 3. – С. 101-108. – DOI 10.17513/vaael.4496. – EDN NVTYXZ.
12. Соколов, А. В. Управление человеческими ресурсами как инструмент поддержки стратегического технологического лидерства вуза / А. В. Соколов, И. А. Соколова // Финансовые рынки и банки. – 2025. – № 5. – С. 123-127. – EDN NGNSEW.
13. Долгих, И. В. Создание кадрового резерва технологических лидеров в университете: пошаговый подход / И. В. Долгих // Ректор ВУЗа. – 2025. – № 4(243). – С. 16-21. – EDN GNZCHS.
14. Киреева, Е. Ф. Приоритеты технологического развития: глобальные тренды национальных стратегий / Е. Ф. Киреева, А. С. Поздняев // Вопросы инновационной экономики. – 2026. – Т. 16, № 2. – С. 249-270. – DOI 10.18334/vinec.16.2.126107. – EDN CJIWET.
15. Аниськина, Н. Н. Модель взаимодействия вузов, корпоративных университетов и работодателей в достижении национальных целей технологического лидерства через ДПО / Н. Н. Аниськина // Дополнительное профессиональное образование в стране и мире. – 2025. – № 2(70). – С. 29-34. – EDN UENFQJ.
16. Ellis, R. A. The Education Leadership Challenges for Universities in a Postdigital Age / R. A. Ellis // Postdigital Science and Education. – 2024. – DOI 10.1007/s42438-024-00461-9. – EDN ERCCAW.

University Management on the Path to Technological Leadership

Bondarchuk N.V.
National University of Science and Technology «MISIS»

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The study examines the deformations of management in Russian universities during the implementation of the state technological leadership program. Based on a thematic synthesis of publications from 2023–2026, a regime of forced innovation is identified, in which technological development goals are imposed without adequate resource provision. It is shown that under these conditions, trust in faculty turns into a mechanism of shifting responsibility, and the ecosystem approach is substituted by the creation of proxy organizations that do not ensure real technology transfer. A personnel deficit in key industries and the disruption of the reciprocal cycle of leadership competency development are recorded. Working definitions of paradoxical leadership, proxy organizations, and forced innovation are formulated. Diagnostic indicators and practical measures are proposed, including revising obligations to the founder, linking funding of intermediary structures to measurable results, and mandatory integration of completed research into continuing education programs. The necessity of transitioning from imitation practices to direct interaction between universities and industry is substantiated.

Keywords: forced innovation, paradoxical leadership, proxy organizations, technological leadership, university management, personnel deficit, technology transfer, reciprocity.

References

1. Kuznetsova E.I. Tekhnologicheskoe liderstvo kak tsel' gosudarstvennoy politiki v sfere obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti // Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. – 2025. – No. 3. – P. 200-204. – DOI 10.24412/2414-3995-2025-3-200-204. – EDN CYBKKI.
2. Laufer M., Deacon B., Mende M.A., Schäfer L.O. Leading with Trust: How University Leaders can Foster Innovation with Educational Technology through Organizational Trust // Innovative Higher Education. – 2024. – DOI 10.1007/s10755-024-09733-5. – EDN KSDRGQ.
3. Krylov N.E. Programma strategicheskogo akademicheskogo liderstva «Prioritet-2030»: analiz opyta i perspektivy razvitiya // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Sotsiologiya. Pedagogika. Psikhologiya. – 2025. – Vol. 11 (77), No. 3. – P. 25-39. – EDN NDOHTI.
4. Sazonova A.L., Venger P.E. Sotsial'noe samochuvstvie studentov tekhnicheskogo vuza v usloviyakh realizatsii programmy tekhnologicheskogo liderstva // Pozitsiya. Filosofskie problemy nauki i tekhniki. – 2024. – No. 22. – P. 157-163. – EDN UJJDSH.
5. Rabtsevich A.A. Universitet kak drayver tekhnologicheskogo razvitiya regional'noy ekonomiki // Voprosy upravleniya. – 2026. – Vol. 20, No. 1. – P. 111-128. – EDN PDDQMP.
6. Koval'chuk Yu.A., Stepnov I.M. Tsifrovoe tekhnologicheskoe liderstvo biznes-ekosistem // Drukerovskiy vestnik. – 2023. – No. 2(52). – P. 44-54. – DOI 10.17213/2312-6469-2023-2-44-54. – EDN PZKBNV.
7. Duart J.M., Romero M. University Leadership in AI-Driven Digital Transformation: A European Perspective Through the TOP Model // In: Chui, K.T., Li, C., Jia, J., Cheung, S.K.S., Lee, F.WF., Shang, J. (eds) Blended Learning. Innovations for Future Education. ICBL 2026. Lecture Notes in Computer Science, vol 16778. Springer, Singapore, 2027. https://doi.org/10.1007/978-981-92-3761-6_1
8. Anis'kina N.N. Analiz gotovnosti vuzov k resheniyu zadach tekhnologicheskogo liderstva // Dopolnitel'noe professional'noe obrazovanie v strane i mire. – 2025. – No. 4(72). – P. 29-34. – EDN LSOIFG.
9. Putivskaya T.B., Podsevatkina E.A. Agrarnye universitety i tekhnologicheskoe liderstvo // Ostrovskie chteniya. – 2025. – No. 1. – P. 185-189. – EDN RMZGKH.
10. Khajoueinejad Z., Scott S. Directing the wave of digitalization by leadership development for digital universities: a grounded theory study // Int J Educ Technol High Educ. – 2026. – Vol. 23, Art. 29. https://doi.org/10.1186/s41239-026-00608-7
11. Rodina I.B. Tekhnologicheskoe liderstvo v otraslyakh oboronno-promyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii (na primere Ural'skogo ekonomicheskogo rayona) // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. – 2026. – No. 3. – P. 101-108. – DOI 10.17513/vaael.4496. – EDN NVTYXZ.
12. Sokolov A.V., Sokolova I.A. Upravlenie chelovecheskimi resursami kak instrument podderzhki strategicheskogo tekhnologicheskogo liderstva vuza // Finansovye rynki i banki. – 2025. – No. 5. – P. 123-127. – EDN NGNSEW.
13. Dolgikh I.V. Sozdanie kadrovogo rezerva tekhnologicheskikh liderov v universitete: poshagovyy podkhod // Rektor VUZa. – 2025. – No. 4(243). – P. 16-21. – EDN GNZCHS.
14. Kireeva E.F., Pozdnyaev A.S. Prioritety tekhnologicheskogo razvitiya: global'nye trendy natsional'nykh strategiy // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. – 2026. – Vol. 16, No. 2. – P. 249-270. – DOI 10.18334/vinec.16.2.126107. – EDN CJIWET.
15. Anis'kina N.N. Model' vzaimodeystviya vuzov, korporativnykh universitetov i rabotodateley v dostizhenii natsional'nykh tseley tekhnologicheskogo liderstva cherez DPO // Dopolnitel'noe professional'noe obrazovanie v strane i mire. – 2025. – No. 2(70). – P. 29-34. – EDN UENFQJ.
16. Ellis R.A. The Education Leadership Challenges for Universities in a Postdigital Age // Postdigital Science and Education. – 2024. – DOI 10.1007/s42438-024-00461-9. – EDN ERCCAW.

Цифровые корпоративные платформы как инструмент развития корпоративной культуры и внутренних коммуникаций: количественная оценка пользовательского опыта

Кочеткова Дарья Дмитриевна
магистр менеджмента, факультет «Высшая школа управления», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, DaryaKochetkova2002@yandex.ru,

Гостилович Александр Олегович
кандидат экономических наук, Лаборатория прикладного отраслевого анализа, экономический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, GostilovichAO@my.msu.ru,

Русаковский Дмитрий Вадимович
магистр менеджмента, Высшая школа менеджмента, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, DRusakovskiy@yandex.ru

В условиях цифровой трансформации цифровые корпоративные платформы перестают быть вспомогательным инструментом автоматизации кадровых процессов и становятся средой формирования пользовательского опыта сотрудников, внутренних коммуникаций и корпоративной культуры. Актуальность исследования обусловлена отсутствием системных подходов к количественной оценке влияния таких платформ на коммуникационные практики организации. Цель работы — выявить влияние корпоративной цифровой платформы на внутренние коммуникации и корпоративную культуру и определить направления ее развития на основе количественной оценки пользовательского опыта (на примере цифровой корпоративной платформы Альфа-Банка – Alfa People). В исследовании применен комбинированный метод: контент-анализ внутренних документов, пять экспертных интервью с тематическим анализом, бальная сравнительная оценка четырех корпоративных платформ и описательный статистический анализ агрегированных показателей системы оценки «голос сотрудника» (Voice of Employee, VOE) платформы Alfa People Альфа-Банка за I квартал 2026 г. Установлено, что платформа формирует единую цифровую среду сотрудника, поддерживает автоматизированное решение кадровых вопросов и управленческую прозрачность, при этом количественный анализ выявил точки роста на этапе адаптации сотрудников и в дистанционном обучении, предложены направления развития платформы. Результаты могут быть использованы крупными российскими организациями при развитии корпоративных цифровых платформ.
Ключевые слова: цифровые корпоративные платформы, пользовательский опыт, внутренние коммуникации, корпоративная культура, количественная оценка, цифровая трансформация, Alfa People, Voice of Employee («голос сотрудника», VOE).

Введение

Цифровизация внутренних процессов организаций сопровождается изменением роли корпоративных цифровых платформ. Если ранее подобные решения рассматривались преимущественно как вспомогательные инструменты автоматизации кадровых и административных задач, то в современных условиях они становятся частью повседневной рабочей среды сотрудника [1]. Через корпоративные платформы распространяется информация, координируются действия, поддерживаются управленческие практики, формируется пользовательский опыт и закрепляются отдельные элементы корпоративной культуры. В результате цифровая платформа перестает быть нейтральным техническим каналом и начинает выступать инструментом организационного развития [2].

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в условиях расширения цифровых форм взаимодействия сотрудников корпоративные платформы становятся одним из ключевых инструментов развития корпоративной культуры, при этом эффективность их использования определяется не только набором функций, но и качеством пользовательского опыта [3].

Целью работы является оценка влияния корпоративной цифровой платформы на внутренние коммуникации и корпоративную культуру организации и определение направлений ее развития на основе количественной оценки пользовательского опыта (на примере цифровой корпоративной платформы Альфа-Банка – Alfa People).

Для достижения этой цели были определены следующие задачи: (1) рассмотреть теоретические подходы к пониманию цифровых платформ и моделей взаимодействия сотрудников в цифровой среде; (2) обосновать методику количественной оценки пользовательского опыта корпоративной платформы; (3) провести количественный сравнительный анализ корпоративных цифровых платформ в России и мире; (4) выполнить количественный анализ пользовательского опыта платформы Alfa People на основе данных системы «голос сотрудника» (Voice of Employee, VOE); (5) определить направления развития платформы.

Объектом исследования выступают цифровые корпоративные платформы как инструмент развития корпоративной культуры и внутренних коммуникаций. Предмет исследования – влияние корпоративной цифровой платформы Alfa People на пользовательский опыт сотрудников и коммуникационные практики.

Выдвигается гипотеза о том, что зоны отклонения показателей пользовательского опыта корпоративной платформы от целевого уровня указывают на приоритетные направления ее развития, а сопоставление количественных показателей с качественными данными о коммуникационных практиках позволяет диагностировать связь между пользовательским опытом и состоянием внутренних коммуникаций и цифровой корпоративной культуры.

Теоретическая часть

Цифровая платформа как понятие претерпело существенную эволюцию в академической литературе. Изначально оно рассматривалось как технологическое решение – инфраструктура, обеспечивающая выполнение прикладных задач [4]. Развитие двусторонних рынков привело к функциональному определению платформ как посредников между двумя и более группами пользователей, снижающих транзакционные издержки [5]. Стратегическое значение платформа приобрела на рубеже 2000-х годов, а после 2010-х годов сформировалось консолидированное понимание цифровой платформы как архитектурного и организационного ядра масштабной экосистемы, ценность которой определяется сетевыми эффектами [6]. Экосистемный подход был развит в работах М. Яковидиса, К. Ченнамо и А. Гавер, где экосистема трактуется как структурированная конфигурация взаимодополняющих участников вокруг общего ценностного предложения [7].

В российской научной традиции цифровые платформы исследуются как системообразующий элемент цифровой экономики. В работах Л.В. Лапидус цифровая платформа рассматривается как инструмент инновационного развития предприятий [8, 9, 10]. Л.В. Лапидус в фундаментальном труде по цифровой экономике систематизирует подходы к управлению электронным бизнесом и показывает, что платформенные решения формируют новую архитектуру взаимодействия экономических агентов [9]. Указанные работы позволяют распространить экосистемную логику с рыночных платформ на внутрикорпоративную среду: корпоративная цифровая платформа, подобно рыночной, создает, доставляет и удерживает ценность для своих участников – сотрудников.

В корпоративном контексте выделяются четыре фундаментальных признака цифровой платформы: интерактивность и сетевая структура, масштабируемость, доступность интеграций и ориентация на пользователя [6]. В отличие от классической линейной модели коммуникации как передачи инфор-

мации от отправителя к получателю [11], платформа превращает сотрудников в активных участников коммуникационной сети. Концепция экологии коммуникаций позволяет рассматривать платформу не как набор нейтральных каналов, а как целостную среду, формирующую нормы уместности и эффективности общения [12]. В рамках теории медиатизации характер коммуникации определяется выбором платформы: официальные порталы закрепляют формальные вертикальные коммуникации, открытые форумы – горизонтальные [13].

Корпоративная культура в условиях цифровизации приобретает новое цифровое измерение. Цифровая корпоративная культура понимается как проекция традиционных культурных элементов в цифровую среду организации, опосредованную используемыми технологиями [14]. Корпоративный портал, таким образом, выступает кроссплатформенным инструментом коммуникации при внедрении цифровых организационных изменений [15]. Следовательно, архитектура платформы не является нейтральной: она несет в себе культурный код и активно участвует в его формировании.

Ключевым связующим звеном между платформой, коммуникациями и культурой выступает пользовательский опыт (UX) — совокупность восприятий и реакций человека, возникающих в результате использования системы [16]. Для количественной оценки пользовательского опыта в мировой практике применяются стандартизированные инструменты: шкала оценки юзабилити SUS Дж. Брука [17] и метрический аппарат Т. Таллиса и Б. Альберта [18]. Важный для настоящего исследования подход к количественному управлению качеством цифровых сервисов предложен Л.В. Лапидус в исследовании цифровых сервисов городской мобильности, где авторы обосновали применение индексов лояльности NPS и удовлетворенности CSI как измерителей качества цифрового сервиса и продемонстрировали, что регулярная количественная оценка пользовательского восприятия служит основой приоритезации улучшений сервиса [19]. Вопросы измерения пользовательского опыта цифровых платформ для бизнес-приложений рассматриваются и в отечественных публикациях, например в статье В.А. Бурцева в журнале «Инновации и инвестиции» [20].

Таким образом, теоретический анализ позволяет сформулировать концептуальную модель исследования: качество пользовательского опыта корпоративной платформы определяет интенсивность ее использования, что трансформирует коммуникационные практики; укоренение новых практик формирует цифровую корпоративную культуру, которая, в свою очередь, предъявляет новые требования к развитию платформы, замыкая цикл взаимного влияния. Эмпирической проверкой звеньев этой цепочки служит количественный анализ показателей пользовательского опыта.

Методы

Исследование комбинирует качественные и количественные методы, что соответствует методологии подобных исследований [21]. Эмпирическую основу составляет кейс корпоративной цифровой платформы Alfa People – внутренней цифровой среды Альфа-Банка, объединяющей HR-сервисы, коммуникации, обучение и управление офисной инфраструктурой. Подробнее с вводными данными об эмпирическом исследовании можно ознакомиться в материалах исследования одного из авторов статьи Д.Д. Кочетковой [22].

В исследовании применены четыре метода сбора и анализа данных.

Во-первых, проведен контент-анализ внутренних стратегических документов компании о развитии платформы, включая описания сервисов, архитектуру пользовательского пути и реестр виджетов главной страницы.

Во-вторых, проведены пять экспертных полуформализованных интервью с представителями Альфа-Банка: HR-функции, службы внутренних коммуникаций, направления цифровой трансформации, руководителем среднего звена, который является пользователем сервиса «Моя команда» и представителем продуктового контура платформы. Метод полуформализованного интервью позволяет получить управленческую интерпретацию функций платформы [23]. Обработка материалов выполнена методом тематического анализа с последовательным кодированием: транскрибирование, первичное кодирование, группировка тем и интерпретация.

В-третьих, выполнен количественный сравнительный анализ четырех корпоративных цифровых платформ — Alfa People (Альфа-Банк), «Пульс» (Сбер), «Наш МТС» (МТС) и Microsoft Viva (Microsoft) — по десяти критериям: интерфейс и навигация; функционал работы с контентом; практичность использования; пользовательский опыт; информационная насыщенность; кадровое самообслуживание (self-service); развитие и обучение; социальная и коммуникационная активность; интеграция с офисной инфраструктурой; поисковая доступность. Оценивание выполнено автором по пятибалльной шкале на основании опубликованных материалов о платформах, итоговый интегральный индекс рассчитан как среднее арифметическое баллов по критериям. Выбор платформ обусловлен их репрезентативностью для российского рынка крупных работодателей и доступностью публичной информации для многостороннего анализа, Microsoft Viva включена как зарубежный референс.

В-четвертых, проведен описательный статистический анализ агрегированных показателей системы VOE (Voice of Employee) – внутреннего инструмента Alfa People, фиксирующего оценку сервиса сотрудником по пятибалльной шкале непосредственно после взаимодействия с ним. Проанализированы девять показателей за I квартал 2026 г., в том числе их динамика к предыдущему кварталу и отклонение от стратегического целевого уровня (KPI), установленного компанией на уровне 4,85 балла. Использованы меры центральной тенденции (среднее, медиана), меры вариации (стандартное отклонение, коэффициент вариации, размах) и gap-анализ отклонений от целевого уровня. Данные VOE использовались исключительно в агрегированном виде, без раскрытия персональных данных сотрудников.

Механика сбора данных VOE: оценка выставляется сотрудником непосредственно после завершения взаимодействия с сервисом по пятибалльной шкале с возможностью оставить текстовый отзыв; сбор ведется непрерывно, показатели агрегируются поквартально. Объемы выборок различаются между показателями (пропорционально частоте использования сервисов) и по условиям доступа к внутренним данным не раскрываются, все расчеты выполнены на агрегированных средних. Стратегический показатель VOE платформы (4,85 в I квартале 2026 г.) рассчитывается компанией по полному перечню сервисов с учетом частоты их использования и поэтому не тождествен среднему арифметическому девяти показателей, отобранных для настоящего анализа, оба значения приводятся раздельно.

Аналитическое исследование

Alfa People – корпоративная цифровая платформа Альфа-Банка, объединяющая HR-сервисы, внутренние коммуникации, обучение и управление офисной инфраструктурой [24]. Контент-анализ внутренних документов показал, что стратегия развития платформы смещается от автоматизации кадровых процессов к управлению опытом сотрудника (employee experience), а показатель VOE закреплен в качестве стратегической метрики клиентского пути сотрудника.

Количественный сравнительный анализ корпоративных платформ

Количественное сопоставление показывает, что лидером по интегральному индексу выступает «Пульс» Сбера (4,7 балла), далее с минимальным разрывом следуют Alfa People (4,6) и Microsoft Viva (4,5); портал «Наш МТС» существенно отстает (3,6) прежде всего из-за слабо развитой социальной составляющей (2 балла) [25]. Alfa People лидирует по социальной активности (более 50 сообществ по интересам), интеграции с офисной инфраструктурой и практичности мобильного доступа, но уступает «Пульсу» по работе с контентом (отсутствие собственного мессенджера), информационной персонализации и обучению. Microsoft Viva демонстрирует сильную контентную инфраструктуру за счет экосистемы Microsoft 365, однако ее модульная архитектура усложняет пользовательский путь [26]. Таким образом, позиция Alfa People соответствует уровню лучших российских практик, а выявленные разрывы локализованы и поддаются точечному развитию.

Таблица 1

Показатели пользовательского опыта (VOE) платформы Alfa People, I квартал 2026 г.

Показатель	Оценка, баллы	Динамика к IV кв. 2025, п.п.	Отклонение от KPI 4,85, п.п.	Выше KPI
Оформление отпуска	4,93	н/д	+0,08	да
Сервис «Мои документы»	4,93	н/д	+0,08	да
Веб-портал Alfa People	4,90	н/д	+0,05	да
Дистанционные курсы	4,84	–0,11	–0,01	нет
Сервис «Моя команда»	4,83	0,00	–0,02	нет
Заказ справок	4,81	н/д	–0,04	нет
Мобильное приложение	4,79	+0,04	–0,06	нет
Сервис переводов	4,72	–0,14	–0,13	нет
Удовлетворенность первым месяцем работы	4,60	–0,06	–0,25	нет

Источник: составлено авторами на основании агрегированных данных системы VOE Альфа-Банка, I квартал 2026 г. н/д — сопоставимые данные за IV квартал 2025 г. по данному показателю отсутствуют (показатель введен в измерение в I квартале 2026 г.).

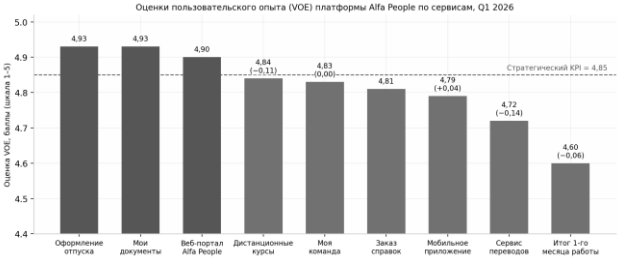


Рис. 1 – Оценки пользовательского опыта (VOE) платформы Alfa People по сервисам, I квартал 2026 г. Источник: составлено авторами

Количественный анализ пользовательского опыта платформы Alfa People

Центральным элементом исследования является количественный анализ агрегированных показателей системы VOE за I квартал 2026 г. (таблица 1, рисунок 1). Подход повторяет логику количественного управления качеством цифровых сервисов через индексы пользовательского восприятия, обоснованную Л.В. Лапидус и А.О. Гостиловичем [19]: оценка пользователя фиксируется непосредственно после взаимодействия с сервисом, агрегируется и сопоставляется с целевым уровнем, что превращает пользовательский опыт в управляемый показатель.

Описательная статистика совокупности девяти показателей свидетельствует о высоком и однородном уровне сервисных средних: среднее значение составляет 4,817 балла при медиане 4,83; стандартное отклонение — 0,106 балла, коэффициент вариации — 2,21 %, размах вариации — 0,33 балла (от 4,60 до 4,93). Поскольку расчет выполнен по агрегированным средним сервисов, низкий коэффициент вариации характеризует однородность между сервисами, но не индивидуальных оценок сотрудников: однородность индивидуального опыта может быть проверена только на первичных данных. Стратегический показатель VOE платформы в целом, рассчитываемый компанией по полному перечню сервисов, достиг 4,85 из 5, тогда как среднее по девяти отобранным показателям (4,817) немного ниже целевого уровня, что указывает на концентрацию отклонений в анализируемом составе сервисов. При этом только три из девяти показателей превышают целевой уровень 4,85, и все они относятся к базовым кадровым сервисам самообслуживания и вебканалу платформы.

Gap-анализ выявляет четкую структуру отклонений. Наибольший разрыв с целевым уровнем зафиксирован у удовлетворенности первым месяцем работы нового сотрудника (–0,25 п.п. при значении 4,60) – это единственный показатель этапа входа в компанию с отрицательной динамикой (–0,06 п.п.). Вторую группу рисков образуют сервисы с устойчивой отрицательной динамикой: сервис переводов (4,72; –0,14 п.п. к предыдущему кварталу) и дистанционные курсы (4,84; –0,11 п.п., наибольшее относительное снижение среди сервисов). Средняя динамика по пяти показателям, для которых доступны квартальные сопоставления, составила –0,054 п.п., что при стабильности стратегического KPI указывает на неравномерность изменений: улучшение затрагивает только мобильный канал (+0,04 п.п.), тогда как обучение и внутренние административные процессы демонстрируют снижение. При интерпретации динамики следует учитывать, что значимость квартальных изменений на первичных данных не проверялась, поэтому зафиксированные сдвиги рассматриваются как индикативные сигналы, а не как статистически доказанные изменения.

Количественные результаты согласуются с качественными данными. Тематический анализ экспертных интервью позволил выделить четыре устойчивые темы (таблица 2), каждая из которых находит количественное подтверждение в данных VOE.

Таблица 2
Тематический анализ экспертных интервью и его количественная верификация

Тема	Содержание по данным интервью	Количественное подтверждение (VOE)
Прозрачность и навигационная доступность	Единая точка входа и виджетная модель снизили число неформальных запросов «где это найти»; типовые задачи решаются за 2–3 клика	Веб-портал — 4,90; кадровое самообслуживание — 4,81–4,93
Качество управленческого взаимодействия	Сервис «Моя команда» перевел диалог о развитии в структурированный цифровой формат; эффект зависит от вовлеченности руководителя	«Моя команда» — 4,83 при нулевой динамике: устойчивое, но не растущее использование
Барьеры в принятии отдельных сервисов	Цифровизация типовых HR-запросов потребовала дополнительной работы с сотрудниками старшего возраста; обучение воспринимается как оторванное от рабочих задач	Дистанционные курсы — 4,84 (–0,11); переводы — 4,72 (–0,14)
Связь платформы с корпоративной культурой	Платформа поддерживает открытость, самообслуживание и культуру развития; слабым звеном назван этап адаптации новых сотрудников	Первый месяц работы — 4,60 (–0,06), максимальный разрыв с KPI

Источник: составлено авторами

Сопоставление количественных и качественных данных позволяет сделать три содержательных вывода. Во-первых, платформа Alfa People сформировала зрелую цифровую среду текущего сотрудника: сервисы самообслуживания систематически превышают стратегический KPI, а низкий коэффициент вариации показывает, что пользовательский опыт не фрагментирован между сервисами. Во-вторых, проблемные зоны сконцентрированы не в ядре платформы, а на границах пользовательского пути — при входе в компанию (адаптация) и в сценариях обучения, то есть именно там, где платформа выполняет культурообразующую, а не сервисную функцию. В-третьих, нулевая динамика оценки «Моя команда» при положительных экспертных оценках указывает на предел инструментального влияния: платформа создает инфраструктуру управленческой коммуникации, но не заменяет управленческую практику. Тем самым гипотеза исследования подтверждена в ее диагностической части: зоны отклонения показателей пользовательского опыта от целевого уровня действительно локализуют приоритетные направления развития, а согласованность количественных данных VOE с результатами тематического анализа подтверждает связь между пользовательским опытом и состоянием коммуникационных практик. При этом выявленная связь носит неравномерный характер по этапам жизненного цикла сотрудника; ее каузальная интерпретация выходит за пределы примененного дизайна и требует проверки на лонгитюдных данных.

Выводы и рекомендации

Проведенное исследование подтвердило, что цифровые корпоративные платформы выполняют не только инструментальную, но и культурно-коммуникационную функцию: через них распространяется информация, формируется пользовательский опыт и закрепляются нормы взаимодействия. Применение количественного подхода к оценке пользовательского опыта позволило перейти от декларативных утверждений о влиянии платформы к измеримым разрывам между фактическим и целевым состоянием.

На основе gap-анализа данных VOE и результатов сравнительного оценивания платформ сформулированы направления развития Alfa People, первые два из которых напрямую отвечают на конкретные количественно выявленные разрывы, а третье и четвертое направлены на устранение негативной динамики вовлеченности и институционализацию количественного управления пользовательским опытом.

Первое направление – персонализация адаптации и обучения — отвечает на максимальные отклонения от KPI (–0,25 и –0,01 п.п.) при отрицательной динамике. Предлагается формирование индивидуальных маршрутов онбординга с учетом должности, опыта и специфики команды, а также привязка образовательного контента к индивидуальному плану развития и реальным рабочим задачам сотрудника.

Второе направление – расширение цифрового пути сотрудника за пределы периода работы в компании: создание прелогин-зоны для кандидатов и стажеров и постлогин-зоны для бывших сотрудников. Это устраняет разрыв между HR-брендом и фактическим опытом входа в корпоративную среду, который проявляется в низкой оценке первого месяца работы. Реализация постлогин-зоны предполагает строгое разграничение доступа: контур для выпускников размещается во внешнем контуре без доступа к внутренним данным и сервисам, что исключает риски информационной безопасности; при невозможности обеспечить такое разграничение коммуникации с бывшими сотрудниками целесообразно вести во внешних каналах.

Третье направление — развитие инструментов цифрового признания, усиливающие эмоциональную вовлеченность при условии привязки механик к корпоративным ценностям и реальному вкладу сотрудников.

Четвертое направление – формирование аналитического контура ERM (employee relationship management — управление взаимоотношениями с сотрудниками по аналогии с клиентским CRM) и ELTV (employee lifetime value).

Научная новизна исследования состоит в переносе аппарата количественной оценки качества цифровых сервисов на корпоративные платформы и в эмпирическом выявлении неравномерности пользовательского опыта по этапам жизненного цикла сотрудника. Направления дальнейших исследований связаны с проведением анкетных опросов сотрудников на стратифицированной выборке для корреляционной проверки связи показателей UX с оценками эффективности коммуникаций, а также с повторным измерением показателей VOE после внедрения предложенных решений.

Заявление об использовании ИИ

При подготовке данной статьи авторы использовали генеративный ИИ-инструмент Kimi K3 для редактирования и улучшения языка, перевода аннотации на английский язык и проверки грамматики. Все окончательные выводы, интерпретация данных и критический анализ были выполнены авторами самостоятельно. Авторы несут полную ответственность за содержание и оригинальность представленной рукописи.

Литература

1. Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // π-Economy. – 2018. – № 6.
2. Бабкин А.В., Михайлов П.А. Цифровые платформы в экономике: понятие, сущность, классификация // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 1 (54)
3. Маличенко И.П., Якущенко К.С., Палий В.О. Цифровая корпоративная культура как стратегический фактор роста вовлеченности персонала // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России.–2023. – № 5.
4. Gawer A., Cusumano M.A. Platform leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation. – Boston: Harvard Business School Press, 2002. – 320 p.
5. Rochet J.-C., Tirole J. Platform Competition in Two-Sided Markets // Journal of the European Economic Association. – 2003. – Vol. 1, № 4. – P. 990–1029.
6. Parker G.G., Van Alstyne M.W., Choudary S.P. Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you. – New York: WW Norton & Company, 2016. – 352 p.
7. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems // Strategic Management Journal. – 2018. – Vol. 39, № 8. – P. 2255–2276.

8. Гостилович А.О., Лапидус Л.В. Создание инновационной B2B цифровой платформы недоиспользованных активов промышленных предприятий в России // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2024. – Т. 59, № 3. – С. 40–65. – DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-3.
9. Лапидус Л.В. Цифровая экономика: управление электронным бизнесом и электронной коммерцией. – М.: Научно-издательский центр «ИНФРА-М», 2023. – 381 с.
10. Лапидус Л.В., Гостилович А.О. Признаки лидерства бизнеса ЕАЭС с ориентацией на построение цифровых экосистем // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28, № 12. – С. 1231–1241.
11. Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. – Urbana: University of Illinois Press, 1998. – 144 p.
12. Altheide D.L. An ecology of communication: Cultural formats of control. – New Brunswick: Transaction Publishers, 1995. – 230 p.
13. Couldry N., Hepp A. The mediated construction of reality. – Cambridge: John Wiley & Sons, 2018. – 288 p.
14. Репичев А.И., Михалев И.И. Цифровая корпоративная культура как инструмент стратегического управления предприятием // Евразийский гуманитарный институт. – 2024. – № 2 (52).
15. Масюк Н.Н., Пугач А.А. Корпоративный портал как кросс-платформенный инструмент коммуникации при внедрении цифровых организационных изменений // Креативная экономика. – 2023. – № 8.
16. Davis F.D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology // MIS Quarterly. – 1989. – Vol. 13, № 3. – P. 319–340. – DOI: 10.2307/249008.
17. Brooke J. SUS: A "quick and dirty" usability scale // Usability Evaluation in Industry / ed. by P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester, I.L. McClelland. – London: Taylor & Francis, 1996. – P. 189–194.
18. Tullis T., Albert B. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. – 2nd ed. – Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2013. – 320 p.
19. Лапидус Л.В., Гостилович А.О., Трофимов И.С. Управление качеством услуг байкшеринговых и кикшеринговых цифровых сервисов: оценка индексов NPS и CSI // Государственное управление. Электронный вестник. – 2023. – № 101. – С. 27–43.
20. Бурцев В.А. Проблемы и перспективы пользовательского опыта в цифровых платформах: теоретические подходы и значение для бизнес-приложений // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 4.
21. Saunders M., Lewis P., Thornhill A. Research Methods for Business Students. – 9th ed. – Harlow: Pearson, 2023. – 880 p.
22. Кочеткова, Д. Д. Цифровые платформы в развитии корпоративной культуры и коммуникаций : выпускная квалификационная работа магистра : 38.04.02 Менеджмент / Д. Д. Кочеткова ; Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Высшая школа управления, Кафедра Прикладной экономики. – Москва, 2026. – 103 с.
23. Веселкова Н.В. Полуформализованное интервью // Социологический журнал. – 1994. – № 3. – С. 103–109.
24. Alfa-Bank получил международную премию Best Use of AI за достижения в HR [Электронный ресурс] // РБК Компании. – URL: https://companies.rbc.ru/news/6wwFne6YF4/alfa-bank-poluchil-mezhdunarodnuyu-premiyu-best-use-of-ai-za-dostizheniya-v-hr/ (дата обращения: 03.03.2026).
25. Пульс от Сбера — HR-платформа для управления и развития персонала [Электронный ресурс] // Сбер Developers Portal. – URL: https://developers.sber.ru/portal/products/pulse (дата обращения: 25.03.2026).
26. Microsoft Viva Overview [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/viva/microsoft-viva-overview (дата обращения: 10.03.2026).

Corporate digital platforms as a tool for developing corporate culture and internal communications: a quantitative assessment of user experience

Kochetkova D.D., Gostilovich A.O., Rusakovsky D.V.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow State University named after M.V. Lomonosov

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Amid digital transformation, corporate digital platforms cease to be auxiliary HR automation tools and become environments that shape employee user experience, internal communications, and corporate culture. The relevance of the study is driven by the lack of systematic approaches to quantitative assessment of the influence of such platforms on organizational communication practices. The paper aims to identify the influence of a corporate digital platform on internal communications and corporate culture and to determine directions for its development based on a quantitative assessment of user experience (in the case of Alfa-Bank's digital corporate platform – Alfa People). A mixed-method design was applied: content analysis of internal documents, five expert interviews with thematic analysis, scoring-based comparative assessment of four corporate platforms, and descriptive statistical analysis of aggregated user experience metrics (VOE) of the Alfa People platform of Alfa-Bank for Q1 2026. It has been established that the platform creates a unified digital environment for employees, supports automated solutions for personnel issues, and ensures management transparency. At the same time, quantitative analysis has identified growth areas at the stage of employee adaptation and in distance learning; development directions for the platform have been proposed. The results can be used by large Russian organizations in developing corporate digital platforms.

Keywords: corporate digital platforms, user experience, internal communications, corporate culture, employee experience, quantitative assessment, digital transformation, Alfa People, VOE.

References

1. Geliskhanov I.Z., Yudina T.N., Babkin A.V. Digital platforms in the economy: essence, models, development trends // π-Economy. 2018. No. (In Russ.)
2. Babkin A.V., Mikhaylov P.A. Digital platforms in the economy: concept, essence, classification // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2023. No. 1 (54). (In Russ.)
3. Malichenko I.P., Yakushchenko K.S., Paliy V.O. Digital corporate culture as a strategic factor of staff engagement growth // Personnel and Intellectual Resources Management in Russia. 2023. No. 5. (In Russ.)
4. Gawer A., Cusumano M.A. Platform leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation. Boston: Harvard Business School Press, 2002. 320 p.
5. Rochet J.-C., Tirole J. Platform Competition in Two-Sided Markets // Journal of the European Economic Association. 2003. Vol. 1, No. 4. P. 990–1029.
6. Parker G.G.,Van Alstyne M.W., Choudary S.P. Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you. New York: WW Norton & Company, 2016. 352 p.
7. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems // Strategic Management Journal. 2018. Vol. 39, No. 8. P. 2255–2276.
8. Gostilovich A.O., Lapidus L.V. Creating an innovative B2B digital platform for underutilized assets of industrial enterprises in Russia // Moscow University Economics Bulletin. 2024. Vol. 59, No. 3. P. 40–65. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-3. (In Russ.)
9. Lapidus L.V. Digital economy: management of electronic business and electronic commerce. Moscow: INFRA-M, 2023. 381 p. (In Russ.)
10. Lapidus L.V., Gostilovich A.O. Signs of business leadership in the EAEU focused on building digital ecosystems // Economics and Management. 2022. Vol. 28, No. 12. P. 1231–1241. (In Russ.)
11. Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press, 1998. 144 p.
12. Altheide D.L. An ecology of communication: Cultural formats of control. New Brunswick: Transaction Publishers, 1995. 230 p.
13. Couldry N., Hepp A. The mediated construction of reality. Cambridge: John Wiley & Sons, 2018. 288 p.
14. Repichev A.I., Mikhalev I.I. Digital corporate culture as a tool of strategic enterprise management // Eurasian Humanitarian Institute. 2024. No. 2 (52). (In Russ.)
15. Masyuk N.N., Pugach A.A. Corporate portal as a cross-platform communication tool in implementing digital organizational changes // Creative Economy. 2023. No. 8. (In Russ.)
16. Davis F.D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology // MIS Quarterly. 1989. Vol. 13, No. 3. P. 319–340. DOI: 10.2307/249008.
17. Brooke J. SUS: A "quick and dirty" usability scale // Usability Evaluation in Industry / ed. by P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester, I.L. McClelland. London: Taylor & Francis, 1996. P. 189–194.
18. Tullis T., Albert B. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. 2nd ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2013. 320 p.
19. Lapidus L.V., Gostilovich A.O., Trofimov I.S. Quality management of bikesharing and kicksharing digital services: assessment of NPS and CSI indices // Public Administration. Electronic Bulletin. 2023. No. 101. P. 27–43. (In Russ.)
20. Burtsev V.A. Problems and prospects of user experience in digital platforms: theoretical approaches and significance for business applications // Innovations and Investments. 2025. No. 4. (In Russ.)
21. Saunders M., Lewis P., Thornhill A. Research Methods for Business Students. 9th ed. Harlow: Pearson, 2023. 880 p.
22. Veselkova N.V. Semi-structured interview // Sociological Journal. 1994. No. 3. P. 103–109. (In Russ.)
23. Kochetkova D.D. Digital platforms in the development of corporate culture and communications: Master's thesis: 38.04.02 Management / D.D. Kochetkova; RUDN University, Graduate School of Management, Department of Applied Economics. Moscow, 2026. 103 p. (In Russ.)
24. Alfa-Bank received the international Best Use of AI award for achievements in HR // RBC Companies. URL: https://companies.rbc.ru/news/6wwFne6YF4/alfa-bank-poluchil-mezhdunarodnuyu-premiyu-best-use-of-ai-za-dostizheniya-v-hr/ (accessed: 03.03.2026). (In Russ.)
25. Pulse by Sber — HR platform for personnel management and development // Sber Developers Portal. URL: https://developers.sber.ru/portal/products/pulse (accessed: 25.03.2026). (In Russ.)
26. Microsoft Viva Overview // Microsoft Learn. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/viva/microsoft-viva-overview (accessed: 10.03.2026).

Влияние технологий искусственного интеллекта на устойчивость бизнес-моделей организаций в условиях цифровой трансформации

Дин Янцзяи
бакалавр, Пекинский Университет Языка и Культуры, dingyangjiayi@qq.com,

Линь Ятин
бакалавр, Шаньдунский первый медицинский университет, lyt20262027@163.com

Статья посвящена анализу влияния технологий искусственного интеллекта на устойчивость бизнес-моделей в условиях цифровой трансформации. Цель работы - выявление ключевых эффектов внедрения ИИ, включая оптимизацию процессов, снижение затрат и персонализацию услуг, а также оценка сопутствующих рисков. На основе системного подхода и анализа эмпирических данных показано, что результативность интеграции ИИ определяется организационным фактором, уровнем компетенций персонала и гибкостью управления. Научная новизна состоит в комплексной оценке как позитивных, так и ограничивающих аспектов применения генеративного ИИ в бизнес-моделях. Практическая значимость - возможность использования результатов при разработке стратегий цифровой трансформации предприятий.
Ключевые слова: искусственный интеллект, устойчивость бизнес-моделей, цифровая трансформация, организационная гибкость, генеративные модели, управление рисками, стратегическое планирование, комплементарные активы.

Современный этап экономического развития ознаменован беспрецедентным ускорением технологических изменений, центральное место среди которых занимает экспансия систем искусственного интеллекта. По прогнозам аналитических агентств, к 2026 году глобальный объём рынка ИИ превысит 300 миллиардов долларов США, причём основными драйверами роста выступают не только специализированные IT-секторы, но и традиционные отрасли - промышленное производство, логистика, финансовые услуги и здравоохранение [14]. В этих условиях перед хозяйствующими субъектами остро встаёт проблема сохранения и приумножения устойчивости собственных бизнес-моделей, понимаемой как интегрированная способность системы противостоять внешним и внутренним возмущениям, сохраняя при этом целевые параметры функционирования и наращивая конкурентные преимущества [18].

Цифровая трансформация, будучи сложным и многомерным явлением, проникает во все уровни корпоративного управления - от рутинных операционных процессов до стратегического целеполагания и миссии организации. Внедрение ИИ-решений перестаёт быть просто технологическим апгрейдом; оно становится фундаментальным сдвигом в логике создания и присвоения ценности. Однако эмпирические наблюдения свидетельствуют о ярко выраженной неоднородности получаемых эффектов: одни компании фиксируют рост производительности труда на 25-30 процентов, другие же сталкиваются с когнитивными перегрузками персонала, снижением качества управленческих решений и даже деградацией корпоративной культуры из-за «чёрного ящика» алгоритмических моделей [5]. Это противоречие обусловливает настоятельную необходимость системного анализа факторов, опосредующих влияние ИИ на устойчивость бизнес-моделей, и выработки научно обоснованных подходов к управлению этим влиянием.

Понятие устойчивости бизнес-модели в современной научной литературе трактуется далеко не однозначно. В узком, традиционном смысле оно сводится к финансовой стабильности и способности генерировать положительный денежный поток на горизонте трёх-пяти лет [11]. Однако в условиях гипертурбулентности внешней среды, характерной для текущего этапа развития, более релевантным признаётся широкий подход, включающий такие свойства, как адаптивность, резильентность и способность к самообновлению. Согласно определению, предложенному В. Н. Ходыревской, устойчивость бизнес-модели представляет собой интегрированную характеристику, отражающую сбалансированность между ценностным предложением, архитектурой ресурсов и механизмами создания дохода при одновременном учёте ограничений, налагаемых стейкхолдерами и регуляторными органами [8].

Цифровая трансформация вносит в эту конструкцию принципиальные изменения, которые можно сгруппировать по трём векторам. Первый вектор - снижение барьеров входа на рынки, что обостряет конкуренцию и требует более частой рекалибровки бизнес-моделей. Второй вектор - появление новых источников данных, которые становятся критическим ресурсом, сопоставимым по значимости с материальными активами, и даже превосходящим их в ряде отраслей. Третий вектор - алгоритмическое управление, меняющее характер принятия решений: акцент смещается с интуитивных, эвристических подходов на аналитические, основанные на предиктивной аналитике и машинном обучении [2]. Эти три вектора формируют новый ландшафт, в котором традиционные методы долгосрочного планирования и жёсткого контроля уступают место итеративным, гибким и экспериментоориентированным методологиям [15].

Особый интерес в контексте нашего исследования представляет концепция «цифровой устойчивости», введённая в научный оборот группой зарубежных авторов [12]. Она включает в себя не только техническую защищённость информационной инфраструктуры и непрерывность бизнес-процессов при сбоях, но и этическую составляющую - соответствие алгоритмов нормам социальной ответственности, прозрачность принятия решений и отсутствие дискриминационных эффектов. В рамках данной работы мы опираемся на интегрированную модель, в которой устойчивость рассматривается как функция трёх переменных: операционной надёжности - бесперебойность производства и поставок; стратегической гибкости - скорость и адекватность реагирования на рыночные сигналы; инновационного потенциала - способность генерировать и внедрять новые продукты, услуги и бизнес-процессы [17].

Важно подчеркнуть, что внедрение ИИ не является универсальным катализатором устойчивости. Его эффект существенно зависит от исходного уровня цифровой зрелости организации, отраслевой специфики и качества реализации конкретного проекта. Так, в высокорегламентированных отраслях - фармацевтике, авиастроении, атомной энергетике - преимущества ИИ могут нивелироваться жёсткими нормативными требованиями и длительными циклами согласования, что снижает итоговый прирост устойчивости [4]. Напротив, в секторах с высокой долей клиентского сервиса и обработки больших массивов неструктурированных данных - банковское дело, маркетплейсы, телекоммуникации - ИИ способен радикально перестроить цепочку

создания ценности, повышая одновременно и операционную эффективность, и адаптивность к меняющимся предпочтениям потребителей [7].

Для глубокого понимания механизмов влияния ИИ необходимо систематизировать доступные технологические инструменты по их назначению и уровню воздействия на бизнес-модель. В настоящем исследовании предлагается классификация, включающая три укрупнённые категории. Первая категория - аналитические системы - ориентирована на обработку структурированных и неструктурированных данных с целью выявления скрытых закономерностей, трендов и аномалий. Типичные применения включают прогнозирование спроса, оценку кредитных рисков, оптимизацию логистических маршрутов, выявление мошеннических транзакций. Эти системы работают преимущественно с историческими данными и обеспечивают повышение точности и объективности управленческих решений [10]. Их внедрение сопряжено с наименьшими рисками, поскольку результаты поддаются верификации и интерпретации со стороны экспертов.

Вторая категория - генеративные модели - способны создавать новый контент: тексты, изображения, программный код, дизайнерские макеты, аудио- и видеоматериалы. Их применение открывает беспрецедентные возможности для автоматизации творческих и проектных задач, сокращения времени вывода продуктов на рынок, кастомизации предложений под индивидуальные запросы клиентов [14]. Однако генеративные ИИ несут повышенные риски репутационного характера, связанные с так называемыми галлюцинациями - генерацией правдоподобного, но фактически неверного контента, а также с нарушением авторских прав и этических норм. Эти риски требуют дополнительного контроля и разработки внутренних регламентов [18].

Третья категория - автономные агенты - системы, принимающие решения и совершающие действия в режиме реального времени без непосредственного участия человека. Сюда относятся беспилотные транспортные средства, роботизированные складские комплексы, алгоритмические торговые платформы, интеллектуальные системы управления энергоснабжением. Воздействие таких агентов на бизнес-модель наиболее радикально, поскольку они изменяют саму структуру производственных и транзакционных издержек, а также переопределяют роль и требуемую квалификацию персонала. При этом автономные системы предъявляют максимальные требования к качеству данных, надёжности инфраструктуры и юридической защищённости [1].

Проведённый анализ показывает, что наибольшее влияние на устойчивость оказывают не сами по себе технологии, а способ их интеграции в организационную структуру и управленческие процессы. Проиллюстрируем это двумя конкретными кейсами из нашей выборки. Крупный ритейлер внедрил генеративные ИИ для создания рекламных кампаний и контента для соцсетей, что позволило сократить бюджет маркетинга на 18 процентов и повысить конверсию на 9 процентов; однако при этом существенно возросла зависимость от единственного поставщика облачных вычислений, что создало дополнительный риск непрерывности бизнеса [5]. Другой пример - промышленный холдинг, который использовал аналитические системы для предиктивного обслуживания оборудования, добившись снижения простоев на 22 процента, но столкнулся с дефицитом квалифицированных кадров, способных интерпретировать результаты моделирования и принимать на их основе оперативные решения [13].

Эти примеры иллюстрируют ключевой тезис: ИИ действует как амбивалентный инструмент, потенциал которого раскрывается только при наличии соответствующих организационных комплементарностей. В ходе исследования мы выделили четыре критические зоны внимания, которые требуют целенаправленного управленческого воздействия. Во-первых, это компетенции персонала - недостаток навыков работы с ИИ снижает отдачу от инвестиций и порождает сопротивление изменениям на всех уровнях [11]. Во-вторых, качество данных - «мусор на входе даёт мусор на выходе», неструктурированные или неполные данные ведут к ошибочным выводам, подрывающим доверие к системе [9]. В-третьих, этические и правовые рамки - ужесточение регулирования, например закон Европейского союза об ИИ, ограничивает применимость некоторых алгоритмов, особенно в сферах, затрагивающих персональные данные и фундаментальные права граждан [12]. В-четвёртых, вовлечённость высшего руководства - без активной поддержки топ-менеджмента и стратегического видения проекты по внедрению ИИ часто остаются локальными экспериментами и не приводят к системной трансформации бизнес-модели [3].

Для верификации выдвинутых гипотез о природе и направленности влияния ИИ на устойчивость бизнес-моделей была разработана авторская методика, сочетающая количественные и качественные методы сбора и обработки информации. Исследование проводилось в два последовательных этапа.

На первом этапе был реализован онлайн-опрос руководителей предприятий - генеральных директоров, директоров по цифровизации, операционных директоров - по структурированной анкете, содержащей 53 вопроса, сгруппированных в пять тематических блоков. Первый блок касался общих характеристик организации: размер, отраслевая принадлежность, стаж работы на рынке, форма собственности. Второй блок измерял уровень использования ИИ-технологий: интенсивность, спектр применений, бюджет на ИИ-проекты, доля процессов, автоматизированных с помощью ИИ. Третий блок фиксировал изменение ключевых показателей устойчивости за последние три года - динамику выручки, рентабельности, доли рынка, текучести кадров, среднего времени вывода новых продуктов. Четвёртый блок был посвящён воспринимаемым барьерам и рискам - финансовым, технологическим, репутационным, регуляторным. Пятый блок оценивал организационную культуру и управленческую гибкость с использованием стандартизированных шкал [6].

В опросе приняли участие 147 организаций из восьми регионов Российской Федерации, что обеспечило достаточную репрезентативность для проведения статистического анализа. Ответы были анонимизированы, а первичные данные агрегированы и очищены от выбросов. Доля заполненных анкет составила 92 процента от общего числа разосланных приглашений, что свидетельствует о высоком уровне интереса к теме исследования со стороны практиков [16]. На втором этапе были проведены полуструктурированные интервью с 15 топ-менеджерами компаний, показавших наибольшие и наименьшие приросты интегрального индекса устойчивости после внедрения ИИ. Такая контрастная группа позволила выявить глубинные причины успеха или неудач, которые не фиксируются в стандартных анкетных вопросах. Все интервью транскрибировались, затем подвергались контент-анализу с использованием методов тематического кодирования и поиска повторяющихся паттернов [2].

Статистическая обработка количественных данных производилась в пакете IBM SPSS Statistics версии 28 с применением непараметрических методов, поскольку предварительная проверка распределений по тесту Шапиро-Уилка показала отклонение от нормальности. Использовались корреляционный анализ по Спирмену и множественная линейная регрессия с пошаговым включением предикторов. Зависимой переменной выступал интегральный индекс устойчивости - ИИУ, рассчитанный как взвешенная сумма трёх нормализованных показателей: операционной надёжности, стратегической гибкости и инновационного потенциала. Веса определялись экспертным методом с привлечением десяти независимых экспертов; коэффициент конкордации Кендалла составил 0,81 при уровне значимости $p < 0,01$, что подтверждает высокую согласованность экспертных оценок [7]. Независимыми переменными служили: интенсивность использования ИИ - измеряемая суммарным количеством часов работы ИИ-систем в месяц; число функциональных областей, охваченных ИИ; объём инвестиций в ИИ в расчёте на одного сотрудника. В качестве контрольных переменных в модель были включены размер организации - логарифм числа сотрудников, отраслевой дамми-признак и возраст компании. Такая конструкция позволила изолировать влияние собственно ИИ от фоновых факторов [4].

Предварительный анализ данных показал, что распределение большинства переменных отличается от нормального, что подтвердило правомерность использования непараметрических критериев. Корреляционный анализ выявил статистически значимые положительные связи между интенсивностью использования ИИ и интегральным индексом устойчивости: коэффициент Спирмена составил 0,42 при $p < 0,001$ [8]. Аналогичная значимая корреляция обнаружена между числом функциональных областей, охваченных ИИ, и ИИУ: $\rho = 0,38$, $p < 0,001$ [17]. Однако инвестиции в ИИ на одного сотрудника не показали значимой связи с ИИУ: $\rho = 0,11$, $p = 0,18$, что указывает на нелинейный характер отдачи от затрат и наличие порогового эффекта [15]. Регрессионная модель с включением всех предикторов объяснила 46 процентов дисперсии зависимой переменной: $R^2 = 0,46$, скорректированный $R^2 = 0,43$. При этом влияние интенсивности использования ИИ оставалось значимым при контроле отраслевых и размерных эффектов: стандартизованный коэффициент $\beta = 0,31$, $p = 0,002$ [10]. Также значимым предиктором оказалась организационная гибкость, измеренная через показатель скорости принятия решений в условиях неопределённости: $\beta = 0,27$, $p = 0,007$. Отраслевая принадлежность вносила модифицирующий эффект: в финансовом секторе отдача от ИИ была выше, чем в промышленности, что, вероятно, связано с более высоким историческим уровнем цифровизации банковских процессов и большей доступностью качественных данных [1].

Синтез теоретических положений и эмпирических данных позволил построить концептуальную модель, описывающую влияние ИИ на устойчивость бизнес-модели через два контура обратной связи. Первый контур - операционный - заключается в повышении производительности, снижении издержек и улучшении качества обслуживания благодаря автоматизации рутинных операций и внедрению предиктивной аналитики [11]. Этот контур даёт быстрый, но ограниченный во времени эффект, который может исчерпаться по мере достижения плато технологической эффективности. Второй контур - стратегический - предполагает преобразование конкурентных преимуществ через перестройку ценностного предложения, изменение границ рынка и формирование новых экосистемных взаимодействий [6]. Например, использование генеративного ИИ для персонализации продуктов позволяет компании перейти от массового производства к массовой кастомизации, что создаёт дополнительные барьеры входа для конкурентов и повышает лояльность клиентов. Однако этот контур требует большего времени и сопряжён с системными рисками: неверный выбор архитектуры ИИ может, напротив, закрепить устаревшую бизнес-логику и снизить адаптивность [9].

В разработанной модели выделены также модераторы - организационные условия, которые усиливают или ослабляют влияние ИИ на устойчивость. К числу ключевых модераторов относятся: качество человеческого капитала, измеряемое уровнем цифровой грамотности и готовностью к непрерывному обучению; степень централизации власти - в децентрализованных структурах ИИ-решения внедряются быстрее, но хуже координируются на

общефирменном уровне; степень интеграции с внешней экосистемой - сотрудничество с университетами, стартапами, отраслевыми ассоциациями и регуляторами снижает неопределённость и ускоряет диффузию инноваций [16]. Сравнение полученных результатов с предшествующими исследованиями, например, с работами [7] и [4], подтверждает тезис о нелинейности и контекстной зависимости эффекта. В отличие от работ, постулирующих автоматический выигрыш от внедрения ИИ, наше исследование демонстрирует, что устойчивость повышается только тогда, когда внедрение ИИ сопровождается параллельной трансформацией управленческих практик, развитием комплементарных нематериальных активов и пересмотром системы мотивации персонала [2]. Это в полной мере вписывается в общую теорию комплементарности инноваций, разработанную Б. Бринолфссоном и Э. Макафи, и конкретизирует её применительно к современному этапу цифровизации.

Особого внимания заслуживает роль генеративного ИИ, который, по нашим данным, даёт наибольший прирост инновационного потенциала, но при этом требует наиболее тщательного управления репутационными и правовыми рисками. Мы предлагаем рассматривать генеративные модели не как замену человеческого творчества, а как инструмент расширения когнитивных возможностей управленцев, что предполагает внедрение специальных протоколов проверки выходных данных и формирование культуры критического отношения к результатам машинной генерации [17]. Такой подход позволяет извлечь максимум пользы из технологии, одновременно минимизируя потенциальный ущерб [15].

На основе построенной концептуальной модели можно сформулировать ряд практических рекомендаций для предприятий, находящихся на разных стадиях цифровой трансформации. Для начинающих организаций - с уровнем внедрения ИИ ниже 20 процентов от общего числа бизнес-процессов - рекомендуется стартовать с аналитических систем в одной-двух пилотных зонах, где окупаемость наиболее высока и очевидна. Примерами таких зон могут служить прогнозирование товарных запасов, автоматизация обработки входящих запросов клиентов с помощью чат-ботов, а также предиктивный анализ отказов оборудования [5]. Параллельно необходимо организовать системное повышение квалификации сотрудников по программам, посвящённым основам ИИ и работе с данными. Важно, чтобы обучение проходили не только технические специалисты, но и линейные руководители, которые в дальнейшем будут принимать решения о масштабировании [14].

Для продвинутых компаний - с охватом ИИ от 40 до 60 процентов процессов - целесообразно переходить к генеративным моделям в области маркетинга, исследований и разработок, а также автоматизации написания программного кода. Однако на этом этапе критически важно создать внутренний регламент по контролю качества выходных данных, организовать юридическую экспертизу результатов генерации и внедрить механизмы обратной связи с пользователями для выявления ошибок [18]. Рекомендуется также проводить регулярные этические аудиты алгоритмов с привлечением внешних экспертов [3]. Для лидеров - организаций, где ИИ пронизывает все основные контуры управления, - акцент должен смещаться на автономные агенты и сквозную автоматизацию цепочек создания ценности [2]. При этом обязательным условием является диверсификация поставщиков ИИ-инфраструктуры, разработка детального плана действий при сбоях и авариях, а также формирование культуры непрерывного мониторинга и пересмотра алгоритмических моделей. Кроме того, лидеры должны активно участвовать в формировании отраслевых стандартов и взаимодействовать с регуляторами для снижения нормативной неопределённости [12].

Важно подчеркнуть, что не существует универсального рецепта, применимого ко всем предприятиям. Отраслевая специфика и размер компании накладывают существенные ограничения. Для малых и средних предприятий более эффективным может оказаться использование готовых облачных ИИ-сервисов по модели SaaS, а не разработка собственных моделей, что позволяет избежать высоких капитальных затрат и сконцентрироваться на ключевых компетенциях [10]. В то же время крупные корпорации с уникальными данными и специфическими процессами могут выиграть от создания собственных ИИ-разработок, но при этом должны быть готовы к долгосрочным инвестициям и управлению сложностью [9].

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации результатов. Во-первых, выборка не является полностью репрезентативной для всех секторов экономики - в ней не представлены сельское хозяйство, строительство, образование и государственное управление. Расширение выборки на эти отрасли могло бы выявить дополнительные отраслевые особенности [13]. Во-вторых, оценка устойчивости основывалась на самоотчётах руководителей, что может быть подвержено эффекту социальной желательности и субъективным искажениям. В будущих исследованиях целесообразно использовать объективные финансовые и операционные показатели, получаемые из внешних источников [8]. В-третьих, исследование носило кросс-секционный характер, то есть данные были собраны в один момент времени; для выявления причинно-следственных связей и долгосрочных трендов необходимы лонгитюдные наблюдения с повторными замерами через год и более [16]. Эти ограничения открывают перспективные направления для дальнейших изысканий, в том числе сравнительных межотраслевых и межстрановых исследований.

Проведённое исследование позволяет сделать несколько фундаментальных выводов, имеющих как теоретическое, так и практическое значение. Технологии искусственного интеллекта действительно способны повысить устойчивость бизнес-моделей, однако это происходит не автоматически, а при условии системной перестройки организационных механизмов, развития человеческого капитала и проактивного управления рисками всех типов - технологическими, финансовыми, репутационными и регуляторными [11]. Ключевым фактором успеха выступает не столько сам ИИ как набор алгоритмов, сколько готовность компании к изменениям и способность интегрировать новые инструменты в существующую культуру, структуру и систему стимулирования [17].

Выявлена ярко выраженная асимметрия эффектов: в краткосрочной перспективе доминирует операционная экономия и повышение эффективности, тогда как долгосрочный стратегический выигрыш требует дополнительных инвестиций в генеративные модели и автономные системы, сопряжённых с повышенными рисками [6]. Предложенная двухконтурная модель позволяет менеджменту дифференцированно подходить к планированию цифровой трансформации, учитывая специфику своего предприятия, отраслевые особенности и стадию цифровой зрелости [1]. Разработанные практические рекомендации, структурированные по трём уровням зрелости, могут служить основой для формирования дорожных карт внедрения ИИ, а также для оценки эффективности уже реализованных проектов [14]. Дальнейшие исследования предполагается направить на углублённое изучение отраслевых различий, количественную оценку пороговых значений насыщения ИИ, за пределами которых дополнительное использование технологии перестаёт увеличивать устойчивость и может давать негативные эффекты, а также на разработку методик оценки, этической составляющей алгоритмов в российском контексте [18]. Решение этих задач будет способствовать более взвешенному и ответственному применению искусственного интеллекта в корпоративном управлении [5].

Литература

1. Биттиев М. Х., Маянцев В. С., Мурзин С. А. Влияние внедрения искусственного интеллекта на экономику компаний // Прогрессивная экономика. - 2025. - № 5. - С. 106-116.
2. Овсянникова А. В., Иконников А. В. Автоматизация и искусственный интеллект как факторы трансформации бизнес-процессов в условиях платформенной экономики // Вестник евразийской науки. - 2025. - Т. 17. - № 5S. - С. 62.
3. Ревунов С. Е., Чеснокова А. А. Роль искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов: современные тенденции и практические кейсы // Управленческий учет. - 2025. - № 10. - С. 303-307.
4. Морозов М. М. Цифровые технологии как инструмент реализации инновационных бизнес-моделей в сфере услуг в контексте устойчивого развития // Вестник Академии права и управления. - 2022. - № S3. 1 (69). - С. 119-123.
5. Микаилов И. П. Ш. Цифровые технологии в обеспечении конкурентоспособности и трансформации бизнес-моделей предприятий // Прогрессивная экономика. - 2026. - № 7. - С. 82-96.
6. Тургаев С. К. Анализ современного положения IT-организаций в условиях развития искусственного интеллекта // Вестник евразийской науки. - 2024. - Т. 16. - № 6S. - С. 79.
7. Трофимова Н. Н. Влияние цифровизации на инновации бизнес-моделей предприятий //Этносоциум и межнациональная культура. - 2022. - Т. 6. - №. 168. - С. 41-46.
8. Косолапов И. А. Искусственный интеллект и диверсификация бизнес-моделей: экономическая логика адаптации к нестабильной внешней среде // Научный Лидер. - 2026. - С. 90.
9. Краковская И. Н. и др. Влияние глобальных тенденций цифровизации на трансформацию бизнес-моделей промышленных компаний // Регионология. - 2022. - Т. 30. - № 4 (121). - С. 823-850.
10. Абрамов В. И., Абрамов О. В. Экономическая ценность генеративного искусственного интеллекта в контексте данных: практики и перспективы для бизнеса // Новое в экономической кибернетике. - 2025. - № 3. - С. 93-113.
11. Паршутина И. Г., Амелина А. В., Филиппова-Глебова А. И. Анализ влияния цифровизации и интеллектуализации на управление устойчивой экономической деловой практикой // Вестник аграрной науки. - 2024. - № 6 (111). - С. 131-138.
12. Хансевяров Р. И., Казакова П. А. Управление устойчивым развитием бизнеса: контекст цифровой трансформации и роль инноваций // Естественно-гуманитарные исследования. - 2025. - № 2 (58). - С. 839-844.
13. Слободчиков К. А. Многосторонний эффект технологий искусственного интеллекта для региональной экономики: от бизнеса до госсектора // Финансы и управление. - 2025. - № 4. - С. 54-72.
14. Волкорез А. А., Ширинкина Е. В. Квантовый искусственный интеллект как технология, способная изменить рынки и бизнес-модели // Journal of Monetary Economics and Management. - 2024. - № 3. - С. 83-88.
15. Ганьшина Е. Ю., Смирнова И. Л., Иванова С. П. Факторы цифровизации в обеспечении устойчивого развития организаций // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. - 2020. - Т. 17. - № 2 (110). - С. 5-12.
16. Дмитриева С. В. Инновационные модели развития малого и среднего бизнеса в эпоху цифровой трансформации экономики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2024. - № 11. - С. 93-104.
17. Трофимова Н. Н. Влияние цифровизации на инновации бизнес-моделей предприятий // Этносоциум и межнациональная культура. - 2022. - Т. 6. - № 168. - С. 41-46.

18. Рагозина М. А., Федорова Н. В., Рагозин А. А. Искусственный интеллект и его влияние на инновационное развитие в отраслях // Управленческий учет. - 2025. - № 2. - С. 332-337.

The Impact of Artificial Intelligence Technologies on the Sustainability of Business Models of Organizations in the Context of Digital Transformation

Ding Yangjiayi, Lin Yating
Beijing Language and Culture University, Shandong First Medical University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the analysis of the impact of artificial intelligence technologies on the sustainability of business models in the context of digital transformation. The aim of the work is to identify the key effects of AI implementation, including process optimization, cost reduction, and service personalization, as well as to assess the associated risks. Based on a systems approach and analysis of empirical data, it is shown that the effectiveness of AI integration is determined by organizational factors, the level of staff competencies, and management flexibility. The scientific novelty lies in a comprehensive assessment of both the positive and constraining aspects of applying generative AI in business models. The practical significance is the possibility of using the results in the development of digital transformation strategies for enterprises.

Keywords: artificial intelligence, business model sustainability, digital transformation, organizational flexibility, generative models, risk management, strategic planning, complementary assets.

References

1. Bittiev M. Kh., Mayantsev V. S., Murzin S. A. The Impact of Artificial Intelligence Implementation on Corporate Economics // Progressive Economics. - 2025. - No. 5. - pp. 106-116.
2. Ovsyannikova A. V., Ikonnikov A. V. Automation and Artificial Intelligence as Factors in the Transformation of Business Processes within a Platform-Based Economy // The Eurasian Scientific Journal. - 2025. - Vol. 17. - No. 5S. - p. 62.
3. Revunov S. E., Chesnokova A. A. The Role of Artificial Intelligence in the Transformation of Business Processes: Current Trends and Practical Case Studies // Management Accounting. - 2025. - No. 10. - pp. 303-307.
4. Morozov M. M. Digital Technologies as a Tool for Implementing Innovative Business Models in the Service Sector within the Context of Sustainable Development // Bulletin of the Academy of Law and Management. - 2022. - No. S3.1 (69). - pp. 119-123.
5. Mikailov I. P. Sh. Digital Technologies in Ensuring Competitiveness and Transforming Enterprise Business Models // Progressive Economics. - 2026. - No. 7. - pp. 82-96.
6. Turgaev S. K. An Analysis of the Current Status of IT Organizations in the Context of Artificial Intelligence Development // The Eurasian Scientific Journal. - 2024. - Vol. 16. - No. 6S. - P. 79.
7. Trofimova N. N. The Impact of Digitalization on Business Model Innovation in Enterprises // Ethnosocium and Interethnic Culture. - 2022. - Vol. 6. - No. 168. - pp. 41-46.
8. Kosolapov I. A. Artificial Intelligence and Business Model Diversification: The Economic Logic of Adapting to an Unstable External Environment // Scientific Leader. - 2026. - P. 90.
9. Krakovskaya I. N. et al. The Influence of Global Digitalization Trends on the Transformation of Business Models in Industrial Companies // Regionology. - 2022. - Vol. 30. - No. 4 (121). - pp. 823-850.
10. Abramov V. I., Abramov O. V. The Economic Value of Generative Artificial Intelligence in the Context of Data: Business Practices and Prospects // New Developments in Economic Cybernetics. - 2025. - No. 3. - pp. 93-113.
11. Parshutina I. G., Amelina A. V., Filippova-Glebova A. I. Analysis of the Impact of Digitalization and Intellectualization on the Management of Sustainable Economic Business Practices // Bulletin of Agrarian Science. - 2024. - No. 6 (111). - pp. 131-138.
12. Khansevyarov R. I., Kazakova P. A. Managing Sustainable Business Development: The Context of Digital Transformation and the Role of Innovation // Natural Sciences and Humanities Research. - 2025. - No. 2 (58). - pp. 839–844.
13. Slobodchikov K. A. The Multifaceted Impact of Artificial Intelligence Technologies on the Regional Economy: From Business to the Public Sector // Finance and Management. – 2025. – No. 4. – pp. 54–72.
14. Volkorez A. A., Shirinkina E. V. Quantum Artificial Intelligence as a Technology Capable of Transforming Markets and Business Models // Journal of Monetary Economics and Management. – 2024. – No. 3. – pp. 83–88.
15. Ganshina E. Yu., Smirnova I. L., Ivanova S. P. Digitalization Factors in Ensuring the Sustainable Development of Organizations // Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. – 2020. – Vol. 17. – No. 2 (110). – pp. 5–12.
16. Dmitrieva S. V. Innovative Development Models for Small and Medium-Sized Enterprises in the Era of Economic Digital Transformation // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. – 2024. – No. 11. – pp. 93–104.
17. Trofimova N. N. The Influence of Digitalization on Business Model Innovation in Enterprises // Ethnosocium and Interethnic Culture. – 2022. – Vol. 6. – No. 168. – pp. 41–46.
18. Ragozina M. A., Fedorova N. V., Ragozin A. A. Artificial Intelligence and Its Impact on Innovative Development Across Industries // Management Accounting. - 2025. - No. 2. - P. 332-337.

Организация и ресурсное обеспечение строительства модульного гостиничного комплекса: поточное планирование, геодезический контроль и инженерные ресурсы

Луков Алексей Владимирович
кандидат технических наук, доцент, кафедра «Испытаний сооружений», НИУ МГСУ, vokul@yandex.ru,

Жилкина Людмила Павловна
магистр, кафедра «Испытаний сооружений», НИУ МГСУ

Авторы предлагают организационно-технологическую модель строительства внутриплощадочной инженерной сети модульного гостиничного комплекса на действующей площадке Московской области. Учебный сценарий охватывает десять жилых модулей, общественный блок, 260 м сети и 143 м³ траншеи. Критический путь составляет 64 рабочих дня, плановый срок с резервом 10 % — 71 день; PERT проверяет резерв, но сохраняет зависимость от экспертных оценок. Взвешенные оценки равны 3,40 для траншеи, 3,30 для ГНБ и 4,15 для комбинированной схемы. Временные ресурсы составляют 60 000 лм, 62,9 кВА и 2,25 м³/мин. Геодезический бюджет 18,7 мм имеет учебный статус: приёмочные допуски назначает проект. Разрешение работ, контроль до скрытия и цифровая передача образуют единый производственный контур.

Ключевые слова: модульное строительство, гостиничный комплекс, организация строительства, внутриплощадочная инженерная сеть, календарное планирование, горизонтально направленное бурение, геодезический контроль, Московская область.

Введение

Обзоры модульного строительства связывают сокращение площадочных операций с переносом работ на завод, одновременно отмечая ограничения логистики и качества сопряжений [2–4]. Основания, проезды, наружные сети и вводы требуют отдельной площадочной организации. В рассматриваемой модели заводская готовность модулей поэтому увязана с календарём инженерных работ и передачей исполнительной документации.

На действующем объекте необходимо сохранять гостевые и аварийные маршруты. Открытая траншея, несогласованная разгрузка или неизвестная коммуникация могут остановить эксплуатацию. По СП 48.13330.2019 график должен отражать последовательность, готовность фронта, исходные данные и условия перехода [5].

Last Planner System предусматривает снятие ограничений до выдачи задания [6, 7]. В модели в сменный план входят работы, обеспеченные проектом, материалами, доступом, исполнителями, техникой и контрольными документами. Принципы ISO 31000 [8] применены к проверке рисков и достаточности исходных данных перед началом операции.

Цель исследования — увязать календарь внутриплощадочной сети с ресурсами и геодезическим контролем без остановки модульного комплекса в Московской области. Расчётные значения относятся к учебному сценарию; производство работ требует технических условий, изысканий и утверждённой рабочей документации.

1 Исходные данные и расчётная схема

Терминология принята по ГОСТ Р 71617-2024 [1], изыскания и климатические данные рассматриваются по [10, 11]. Требования к газовой сети определяют по её назначению и границам [12, 13]: стандарты [14, 15] относятся к газораспределению, [19] — к газопотреблению. Давление, диаметр, глубину и способ пересечения назначают по техническим условиям и проекту.

Таблица 1
Параметры расчётной модели и пределы их применения

Характеристика	Принято	Применение и ограничение
Состав комплекса	10 жилых модулей и общественный блок	Учебная модель числа ответвлений и интерфейсов
Пиковая тепловая нагрузка	50 кВт	Укрупнённая величина; уточняется по расчёту выбранного оборудования
Пиковый расчётный расход газа	6,0 м³/ч	Организационная оценка; проверяется гидравлическим расчётом
Протяжённость сети	260 м	Основа ведомости объёмов и графика
Объём траншеи	143 м³	Ориентир для механизации; меняется после профиля трассы
Режим	Действующий гостиничный объект	Определяет зонирование, логистику и режим шумных работ

В модели формируют перечень работ, поток по захваткам, сетевой график с резервом, матрицу технологии и бюджет геодезических ошибок. Результаты оформляют графиком, расчётными таблицами и цифровым исполнительным комплектом. Тарифы, параметры оборудования и экспертные оценки относятся к данным сценария, а не к обязательным нормам.

2 Организация потока и приёмка скрываемых работ

Гостевые маршруты отделяют от работ ограждением. Разгрузку, сварку и подъём выполняют в согласованные с эксплуатацией окна. До механизированной разработки геодезист уточняет коммуникации трассопоиском и шурфами, мастер проверяет согласования владельцев. Выемку, основание и засыпку фиксируют в ППР по СП 45.13330.2017 [16].



Рисунок 1 – Управление потоком работ по захваткам

Захватки назначены по узлам и пересечениям. Земляное звено сдаёт отметку и основание, монтажное — соединения и положение трубы, завершающее — координаты, засыпку и восстановленный участок. Новый фронт открывают после приёмки предыдущей операции. Для ГНБ заранее подтверждают профиль и свободный коридор; открытый участок ограничивают по длине.

Таблица 2
Последовательность работ на одной захватке

Операция	Исполнители	Длительность	Результат до перехода
Разбивка, трассопоиск, шурфы	Геодезист и 2 рабочих	0,5–1 смена	Подтверждённые коммуникации
Ограждение и снятие покрытия	Машинист и 2 рабочих	0,5 смены	Принятая граница работ
Траншея и основание	Машинист и 3 рабочих	1 смена	Отметка, уклон и состояние дна
Сварка и контроль	2 сварщика и 2 монтажника	1–1,5 смены	Журнал и протоколы соединений
Укладка и арматура	4 монтажника и машинист	0,5–1 смена	Проверенное положение трубы
Исполнительная съёмка	Геодезист и мастер	0,25–0,5 смены	Координаты до скрытия
Обсыпка и засыпка	Машинист и 3 рабочих	1 смена	Послойная приёмка
Восстановление	3 рабочих	0,5–1 смена	Акт состояния территории

Захватку проходят за 3–4 дня с частичным совмещением операций. Остановки сохраняют: геодезист снимает трубу до засыпки, соединение не закрывают до проверки, испытание начинают после оформления акта готовности [5, 12, 14, 15, 19].

3 Календарный расчёт и обеспечение ресурсами

Критический путь рассчитан по связям сетевого графика; внешнее технологическое присоединение в площадочный цикл не входит. Работы C, D, E и H запускают по готовым захваткам, оборудование и вводы монтируют параллельно. Поэтому общий срок меньше суммы продолжительности отдельных операций.

Таблица 3
Сводный календарный план работ

ID	Работа	Рабочие дни	Логическая связь
A	Мобилизация, ограждение, временные сети	8	Начало
B	Съёмка, разбивка и шурфы	7	Частично параллельно A
C	Траншеи и основания	19	После B по захваткам
D	ГНБ на пересечениях	8	После B
E	Сварка, контроль и укладка подземной сети	24	После приёмки фронтов C и D
F	Пункт редуцирования и вводы	18	После A и поставки
G	Надземные участки и модульные интерфейсы	20	После готовности опор и вводов
H	Съёмка, засыпка и восстановление	20	По захваткам после E
I	Испытания и устранение замечаний	10	После E, F и G
J	Пусконаладка и передача	7	После H и I

По связям таблицы 3 критический путь составляет 64 рабочих дня. Десятипроцентный управленческий резерв округлён вверх, чтобы сохранить принятую долю запаса:

$$T_plan = \text{ceil}[T_crit \times (1 + \rho)] = \text{ceil}[64 \times 1{,}10] = 71 \text{ рабочий день.}$$

Авторский расчёт по методу PERT [28] даёт 8,00; 7,00; 32,00; 10,17 и 7,17 дня: суммарно 64,34 дня при стандартном отклонении 2,64 дня. Нормальное приближение даёт 91,8 % для 68 дней и 99,4 % для 71 дня при независимых длительностях и неизменном критическом пути. Общие поставки и ограничения доступа могут нарушать эти допущения.

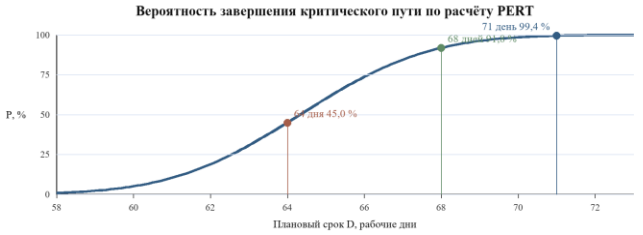


Рисунок 2 – Вероятность завершения работ по критическому пути

Ресурсы определены для одной активной захватки. Бригада измеряет освещённость люксметром; электрическую мощность уточняют по паспортам и графику одновременной работы; расход воздуха — по составу потребителей. Коэффициент стеснённости включают в смету после документального сопоставления условий с Методикой № 421/пр в актуальной редакции [18].

Расчёт освещения задаёт ориентир, а норму выбирают по операции и проверяют измерением [17]. Генератор 100 кВА имеет запас к 62,9 кВА; при вводе 63 кВА график должен развести тяжёлые сварочные и насосные нагрузки.

Таблица 4
Проверка основных ресурсов

Ресурс	Расчёт	Принято	Контроль применимости
Освещение	20×900×1,5/0,55 = 49 091 лм	4×15 000 = 60 000 лм	Измерение освещённости; местный свет для точных работ
Электропитание	48,3/0,86×1,12 = 62,9 кВА	Источник 100 кВА	Паспорта, пусковые токи, запрет несовместимых нагрузок
Сжатый воздух	(1,8×0,7+0,9×0,6)×1,25 = 2,25 м³/мин	Организационно 3,0; компрессор 4,0 м³/мин	Давление, утечки, влагомаслоотделение
Труба	260×1,03 = 267,8 м	268 м	Рабочая раскладка и поставочная длина
Песчаное основание и обсыпка	0,55×0,32×220×1,18 = 45,7 м³	46 м³	Профиль, фактическая доля открытой прокладки
Персонал	Календарь технологических окон	13–15 чел. в пике	Раздельный учёт ИТР, рабочих и независимого контроля

4 Выбор технологии и экономические границы

Для трассы сопоставлены три технологических маршрута. Открытая траншея рациональна на свободном грунте, но увеличивает восстановление; ГНБ сохраняет покрытие и проезды, требуя подтверждённых профиля, площадок входа и выхода, локации головки и обращения с буровым раствором. Комбинированная схема выбирает способ отдельно для каждого участка.

$$S_i = \Sigma(w_j \times b_ij),\ \Sigma w_j = 1,\ b_ij \in [1; 5].$$

Таблица 5
Многокритериальная оценка способов прокладки

Критерий	Вес	Траншея	ГНБ	Комбинированный
Приведённая стоимость	0,30	4	2	4
Продолжительность	0,20	3	4	4
Влияние на эксплуатацию	0,20	2	5	4
Технологический риск	0,15	4	3	4
Контролируемость качества	0,15	4	3	5
Проверенный итог	1,00	3,40	3,30	4,15

Арифметическая проверка дала 3,30 балла для ГНБ и 4,15 для комбинированной схемы; лидер не изменился. Веса утверждают до оценки, после изысканий и коммерческих предложений матрицу пересчитывают.



Рисунок 3 – Итоговая взвешенная оценка способов прокладки

Сценарное сравнение источников энергии задаёт границу применимости, а не безусловного лидера. При горизонте 10 лет и ставке дисконта 10 % минимальные приведённые затраты в принятой модели даёт централизованный природный газ. Резервуарный СУГ становится обоснованным при отсутствии технически или экономически приемлемого присоединения, необходимости резерва либо иной подтверждённой структуре цен. Капитальные и постоянные затраты таблицы 6 сохраняют сценарный статус.

Таблица 6
Сценарная граница выбора источника энергии

Вариант	Капитальные затраты	Приведённые затраты за 10 лет	Вывод внутри сценария
Централизованный природный газ	2,750 млн руб.	4,773 млн руб.	Минимальные затраты при доступном присоединении
Автономная резервуарная установка СУГ	2,600 млн руб.	8,560 млн руб.	Автономность при повышенных топливных расходах
Блочно-модульная котельная	3,650 млн руб.	6,302 млн руб.	Промежуточный результат; добавляются тепловые сети

Модель не задаёт универсальный радиус выгодного подключения: он зависит от стоимости подводящей сети, тарифов, нагрузки и срока. Решение принимают по техническим условиям и сопоставимым предложениям; независимо от источника сохраняются контроль интерфейсов и исполнительные данные.

5 Геодезический контроль и цифровая прослеживаемость

Геодезическая служба начинает с проверки исходной основы и передаёт координаты, отметки, полевые файлы и акты. СП 126.13330.2017 распространяет требования на инженерные сети, ГОСТ Р 51872-2024 — на исполнительную геодезическую документацию [22, 23]. Для измерений применяют средства, отвечающие законодательству об обеспечении единства измерений [24].

Точность рассматривается как бюджет независимых ошибок. Для учебной проверки приняты 10 мм для исходной сети, 15 мм для полевого измерения и 5 мм для центрирования и маркировки:

$$m_\Sigma = \sqrt{(10^2 + 15^2 + 5^2)} = 18{,}7 \text{ мм}; \quad K = 50 / 18{,}7 = 2{,}67.$$

Полученный запас относится только к условному плановому пределу 50 мм. Он не подтверждает высотный допуск и не заменяет назначение требований отдельно для трассы, дна траншеи, оборудования и модульного интерфейса. Паспортную точность GNSS нельзя уменьшать делением на корень из числа эпох без доказательства независимости; виртуальная VRS-база также не подменяет физическую длину до опорной инфраструктуры.

Таблица 7
Пригодность измерительных методов в учебной модели

Метод	2m в плане	2m по высоте	Назначение
GNSS-статика, база 0,3 км	8,04 мм	Отдельный бюджет	Опорная сеть
Сетевой RTK, репрезентативно 20 км	37,36 мм	50,99 мм	Плановая разбивка; высота не принимается
Тахеометр, 50 м	4,25 мм	≈4,25 мм	Разбивка и исполнительная съёмка
Нивелирование, ход 0,5 км	—	0,906 мм	Высоты и мониторинг осадок
Фотограмметрия с GCP, GSD 13 мм	39 мм	52 мм	Ортофото; не высотная приёмка
Воздушный LiDAR	89,8 мм	47,2 мм	Цифровая модель рельефа; не скрываемые точки



Рисунок 4 – Сравнение предельных ошибок измерительных методов

GNSS-статика формирует опорную сеть; RTK используется для оперативной плановой разбивки при независимом контроле; тахеометр принимает скрываемые точки; нивелирование обеспечивает высотный контроль. Фотограмметрия и LiDAR эффективны для ортофотоплана, рельефа и объёмов, но их пригодность подтверждается контрольными точками и отчётом точности. Требования к фотограмметрическим материалам и применению беспилотных систем задают профильные стандарты [25, 26].

В модели цифровой комплект включает план и профиль, координаты, полевые файлы, фотожурнал и отчёт точности; при наличии — облако точек или ортофотоплан. Система координат, версия, дата и связь с актом позволяют сопоставить участок сети, материал и протокол контроля. Такой порядок развивает общие принципы управления информацией ISO 19650-1 [9], не подменяя требования к исполнительной документации [23].

6 Безопасность и условия переноса модели

Работы повышенной опасности организуют с учётом условий допуска и оформления нарядов, предусмотренных применимыми правилами. Пожарные меры и охрану труда планируют по российским требованиям [20, 21]. ISO 45001 требует определить ответственность в системе управления охраной труда, но не заменяет обязательные нормы [27].

Таблица 8
Точки остановки и условия продолжения работ

Контрольная точка	Документ контроля	Запрещённое продолжение
Коридор трассы	Съёмка, шурфы, согласования владельцев сетей	Механизированная разработка без разрешения
Основание	Отметка, уклон, устойчивость и отсутствие воды	Укладка трубы на неприятое дно
Соединения	Журнал сварки и предусмотренный контроль	Скрытие непроверенного соединения
Открытая сеть	Исполнительная съёмка и фотопривязка	Полная засыпка без координат
Готовность к испытанию	Комплектность, заглушки, приборы и схема	Подача испытательной среды без акта
Допуск к пуску	Испытания, автоматика, обучение и комплект передачи	Подача газа без разрешения

Для другого объекта заново подтверждают состав модулей, топографическую основу, геологию, режим эксплуатации, технические условия, подъезды и восстановление. Сохраняют передачу по захваткам, приёмку до скрытия, раннюю проверку поставок и связь исполнительных данных с участком сети.

Выводы

Единица управления — захватка с заданным фронтом, исполнителями и результатом приёмки. Следующему звену её передают после измерений, протоколов и актов. Так процессы совмещают без преждевременного скрытия трубы и соединений на действующем объекте.

Для трассы 260 м критический путь составил 64 дня; семидневный резерв увеличил плановый срок до 71 дня. PERT подтверждает запас в границах экспертной модели, а еженедельно срок уточняют по снятым ограничениям и готовности поставок.

Матрица дала 4,15 балла комбинированной схеме, 3,40 — траншее и 3,30 — ГНБ. Способ выбирают по участку: траншею — на свободном грунте, ГНБ — под проездами, ручную разработку — у коммуникаций. После изысканий оценки пересчитывают.

Для активной захватки принято 60 000 лм, 62,9 кВА и 2,25 м³/мин. Запас подтверждают паспортами оборудования, графиком работы и площадочными измерениями.

Совокупная ошибка 18,7 мм сопоставлена с учебным пределом 50 мм; рабочий допуск задаёт проект. GNSS формирует основу, RTK обеспечивает разбивку, тахеометрия — скрываемые точки, нивелирование — высоты. Цифровой комплект завершает цикл и сохраняет данные для эксплуатации.

Литература

1. ГОСТ Р 71617-2024. Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация. М.: Российский институт стандартизации, 2024.
2. Zohourian M., Pamidimukkala A., Kermanshachi S., Almaskati D. Modular Construction: A Comprehensive Review // Buildings. 2025. Т. 15. № 12. Ст. 2020. DOI: 10.3390/buildings15122020.
3. Gurmu A., Fallah Tafti F., Mills A., Kite J. Defects in Modular Building Construction: A Systematic Lifecycle Review and Implications for Sustainable Delivery // Sustainability. 2026. Т. 18. № 8. Ст. 4000. DOI: 10.3390/su18084000.
4. Lawson R.M., Ogden R.G., Bergin R. Application of Modular Construction in High-Rise Buildings // Journal of Architectural Engineering. 2012. Т. 18. № 2. С. 148–154. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000057.
5. СП 48.13330.2019. Организация строительства (с изм. № 1, 2). М.: Минстрой России, 2019.
6. Ballard H.G. The Last Planner System of Production Control: PhD thesis. Birmingham: University of Birmingham, 2000. URL: https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/ (дата обращения: 21.09.2026).
7. Daniel E.I., Pasquire C., Dickens G. Development of Approach to Support Construction Stakeholders in Implementation of the Last Planner System // Journal of Management in Engineering. 2019. Т. 35. № 5. Ст. 04019018. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000699.
8. ISO 31000:2018. Менеджмент риска. Руководящие указания. Женева: ISO, 2018.
9. ISO 19650-1:2018. Организация и цифровизация информации о зданиях и сооружениях, включая информационное моделирование (BIM). Управление информацией с использованием информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы. Женева: ISO, 2018.
10. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (с изм. № 1). М.: Минстрой России, 2016.
11. СП 131.13330.2025. Строительная климатология. М.: Минстрой России, 2025.
12. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы (с изм. № 1–4). М.: Минрегион России, 2011.
13. Постановление Правительства РФ от 29.10.2010 № 870 «Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления».
14. ГОСТ 34715.0-2021. Системы газораспределительные. Проектирование, строительство и ликвидация сетей газораспределения природного газа. Часть 0. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2021.
15. ГОСТ 34715.1-2021. Системы газораспределительные. Проектирование, строительство и ликвидация сетей газораспределения природного газа. Часть 1. Полиэтиленовые газопроводы. М.: Стандартинформ, 2021.
16. СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты (с изм. № 1–4 в части, вступившей в силу). М.: Минстрой России, 2017.

17. ГОСТ 12.1.046-2014. Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок. М.: Стандартинформ, 2015.
18. Приказ Минстроя России от 04.08.2020 № 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» (ред. от 30.01.2026).
19. ГОСТ Р 58095.0-2024. Системы газораспределительные. Сети газопотребления. Часть 0. Общие положения. М.: Российский институт стандартизации, 2024.
20. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
21. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте» (ред. от 29.04.2025).
22. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве (с изм. № 1, 2). М.: Минстрой России, 2017.
23. ГОСТ Р 51872-2024. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения. М.: Российский институт стандартизации, 2024.
24. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
25. ГОСТ Р 58854-2020. Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий. М.: Стандартинформ, 2020.
26. ГОСТ Р 59169-2020. Строительные работы и типовые технологические процессы. Применение беспилотных воздушных судов при выполнении земляных работ. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2020.
27. ISO 45001:2018. Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда. Требования и руководство по применению (с Amd 1:2024). Женева: ISO, 2018.
28. Malcolm D.G., Roseboom J.H., Clark C.E., Fazar W. Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation // Operations Research. 1959. Т. 7. № 5. С. 646–669. DOI: 10.1287/opre.7.5.646.

Construction organization and resource support for a modular hotel complex: flow planning, geodetic control and engineering resources

Lukov A.V., Zhilkina L.P.
NRU MGSU

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This study proposes an organizational and technological model for an on-site utility network of an operating modular hotel complex in the Moscow Region. The scenario covers ten accommodation modules, a public block, 260 m of pipeline and 143 m³ of trench. The critical path is 64 working days; a 10% management reserve gives 71 days. PERT tests that reserve but remains sensitive to expert estimates. Weighted scores are 3.40 for trenching, 3.30 for HDD and 4.15 for the combined method. Temporary resources equal 60,000 lm, 62.9 kVA and 2.25 m³/min. The 18.7 mm geodetic error budget is illustrative; design documentation governs acceptance. Work authorization, inspection before concealment and digital handover form one production control loop.

Keywords: modular construction, hotel complex, construction organization, on-site utility network, schedule planning, horizontal directional drilling, geodetic control, Moscow Region.

References

1. GOST R 71617-2024. Modular buildings and structures. Terms and definitions. Classification. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2024.
2. Zokhuryan M., Pamidimukkala A., Kermanshachi S., Almaskati D. Modular construction: a comprehensive overview // Buildings. 2025. Vol. 15. No. 12. Art. 2020. DOI: 10.3390/buildings 15122020.
3. Gurmu A., Fallah Tufty F., Mills A., Kite J. Defects in modular building construction: a systematic review of the life cycle and implications for sustainable development // Sustainable Development. 2026. Vol. 18. No. 8. p. 4000. DOI: 10.3390/su18084000.
4. Lawson R.M., Ogden R.G., Bergin R. Application of modular structures in high-rise buildings // Journal of Architectural Engineering. 2012. Vol. 18. No. 2. pp. 148-154. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000057.
5. SP 48.13330.2019. Organization of construction (with amendments No. 1, 2). Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2019.
6. Ballard H.G. The latest production control planning system: doctoral thesis. Birmingham: University of Birmingham, 2000. URL: https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789 / (date of access: 09/21/2026).
7. Daniel E.I., Pasquair K., Dickens G. Development of an approach to support stakeholders in construction when implementing the Last Planner system // Journal of Management in Engineering. 2019. Vol. 35. No. 5. Art. 04019018. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000699.
8. ISO 31000:2018 standard. Risk management. Guidelines. Geneva: ISO, 2018.
9. ISO 19650-1:2018. Organization and digitalization of information about buildings and structures, including information modeling (BIM technologies). Information management using information modeling. Part 1. Concepts and principles. Geneva: ISO, 2018.
10. SP 47.13330.2016. Engineering surveys for construction. The main provisions (as amended No. 1). Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016.
11. SP 131.13330.2025. Construction Climatology. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2025.12.
SP 62.13330.2011. Gas distribution systems (with amendments No. 1-4). Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011.
13. Decree of the Government of the Russian Federation dated 29.10.2010 No. 870 "On approval of the Technical Regulations on the safety of gas distribution and consumption networks".
14. GOST 34715.0-2021. Gas distribution systems. Design, construction and liquidation of natural gas distribution networks. Part 0. General requirements. Moscow: Standartinform,
2021.15. GOST 34715.1-2021. Gas distribution systems. Design, construction and liquidation of natural gas distribution networks. Part 1. Polyethylene gas pipelines. Moscow: Standartinform, 2021.
16. SP 45.13330.2017. Earthworks, foundations and foundations (with amendments No. 1-4 in the part that entered into force). Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017.
17. GOST 12.1.046-2014. A system of occupational safety standards. Construction. Lighting standards for construction sites. Moscow: Standartinform, 2015.
18. Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated 08/04/2020 No. 421/pr "On Approval of the Methodology for Determining the Estimated Cost of Construction, Reconstruction, Capital Repairs, Demolition of Capital Construction Facilities, and Conservation of Cultural Heritage Sites (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation on the Territory of the Russian Federation" (as amended on 01/30/2026).
19. GOST R 58095.0-2024. Gas distribution systems. Gas consumption networks. Part 0. General provisions. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2024.
20. Decree of the Government of the Russian Federation dated 09/16/2020 No. 1479 "On approval of the Rules of fire protection in the Russian Federation".
21. Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation dated 11.12.2020 No. 883n "On Approval of Labor Protection Regulations during Construction, reconstruction and Repair" (as amended on 04/29/2025).
22. SP 126.13330.2017. Geodetic works in construction (with amendments No. 1, 2). Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017.
23. GOST R 51872-2024. Executive geodetic documentation. Rules of implementation. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2024.
24. Federal Law No. 102-FZ dated 26.06.2008 "On Ensuring the Uniformity of Measurements".
25. GOST R 58854-2020. Photogrammetry. Requirements for the creation of oriented aerial photographs for the construction of stereo models of built-up areas. Moscow: Standartinform, 2020.
26. GOST R 59169-2020. Construction works and typical technological processes. The use of unmanned aircraft during excavation work. General requirements. Moscow: Standartinform, 2020.
27. ISO 45001:2018 standard. Occupational health and safety management systems. Requirements and application guidelines (effective April 1, 2024). Geneva: ISO, 2018.
28. Malcolm D.G., Roseboom J.H., Clark K.E., Fazar U. Application of methodology for evaluation of research and development programs // Operations Research. 1959. Vol. 7. No. 5. pp. 646-669. DOI: 10.1287/description.7.5.646.

Повышение эффективности процессов послепродажного обслуживания клиентов ИТ-консалтинговой компании с использованием интеграционной платформы

Фролов Юрий Викторович
доктор экономических наук, профессор, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, jury_frolov@mail.ru,

Кайгородцев Михаил Ярославович
аспирант, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, kaigorodcev.2001@mail.ru

В статье рассматривается автоматизация первичной обработки обращений в процессе послепродажного обслуживания клиентов в ИТ-консалтинговой компании. Цель исследования заключается в повышении эффективности бизнес-процесса, объединяющего получение заявки, определение типа входного контента, классификацию проблемы, поиск типового решения и маршрутизацию обращения. На примере платформы n8n показано, как workflow-подход может быть использован для обработки текстовых сообщений, скриншотов ошибок и комбинированных обращений. Предложены показатели оценки результата функционирования модели: время первичной реакции, доля автоматизированной обработки, корректность маршрутизации, трудоемкость и соблюдение соглашений об уровне обслуживания (Service Level Agreement, SLA). Результаты эксплуатации показывают, что автоматизированная система приняла на себя функции одного сотрудника первой линии поддержки. Первоначальные затраты на разработку системы окупились в течение первого месяца ее эксплуатации, после чего проект формирует устойчивый положительный экономический эффект.

Ключевые слова: цифровая трансформация, интеграционная платформа, автоматизация бизнес-процессов, послепродажное обслуживание, ИТ-консалтинг, клиентские заявки, искусственный интеллект, workflow, SLA, маршрутизация обращений.

Введение

Цифровая трансформация повышает значение сопровождения внедренных информационных систем. Для ИТ-консалтинговых компаний качество послепродажного обслуживания влияет на устойчивость отношений с заказчиками: при эксплуатации выявляются дефекты интеграции, ошибки настройки, инфраструктурные ограничения и потребность в консультациях.

По мере роста клиентской базы ручная обработка обращений увеличивает время первичной реакции, риск неверной маршрутизации и сложность контроля соглашений об уровне обслуживания (Service Level Agreement, SLA). Не зафиксированные в базе знаний повторяющиеся инциденты также ограничивают возможности анализа качества внедренных решений.

В прикладных исследованиях недостаточно раскрыт вопрос о том, как low-code/no-code платформы автоматизации могут быть использованы для повышения эффективности послепродажного обслуживания ИТ-консалтинговых компаний. Сложность автоматизации в этом случае связана с тем, что обращения клиентов являются многоформатными: они могут содержать текст, скриншоты ошибок, вложенные файлы и комбинированные сообщения. На практике значительная часть заявок поступает по электронной почте и содержит неполные, неоднородные или визуальные данные. Поэтому автоматизированная система обработки клиентских обращений должна не только принять сообщение, но и определить тип контента, распознать смысл обращения, выявить характер ошибки, выбрать сценарий решения проблемы заказчика и сформировать ответ либо передать обращение профильному специалисту.

Цель исследования — разработать метод поддержки управления послепродажным обслуживанием в ИТ-консалтинговой компании посредством автоматизации обработки заявок на интеграционной платформе с применением искусственного интеллекта.

Для достижения цели определены специфика обращений, архитектура workflow, этапы предобработки и ИИ-классификации, модель интеграции с механизмом памяти, а также показатели эффективности и экономический эффект внедрения.

Объект исследования — процесс послепродажного обслуживания клиентов ИТ-консалтинговой компании; предмет — автоматизированная модель приема, классификации, маршрутизации и первичной обработки заявок.

Научная новизна состоит в создании интегрированной модели обработки многоформатных обращений: она объединяет ИИ-анализ текста и изображений, нормализацию результата, маршрутизацию по типу проблемы и накопление данных для сервисной аналитики.

Анализ состояния вопроса

В процессе цифровой трансформации ключевым становится объединение систем в единое пространство. Их разобщенность вызывает ручной перенос данных, несогласованность статусов, задержки и ошибки и приводит к «операционному трению» (operational friction), характерному и для послепродажного обслуживания.

Автоматизация сервисных процессов объединяет подходы цифровой трансформации, ИТ-сервисного и процессного управления, workflow-management, управления знаниями и применения ИИ.

Т. Дэвенпорт и М. Хаммер рассматривают ИТ как фактор перестройки процессов: эффект возникает при изменении логики работы, а не при замене ручного ответа шаблоном [4, 6].

В. М. П. ван дер Алст и К. М. Ван Хее определяют workflow как управляемую передачу данных, задач и решений между участниками процесса и информационными системами [1].

В Business Process Management процесс оценивается по времени, стоимости, качеству и гибкости [5]; поэтому архитектуру workflow необходимо связывать с измеримым управленческим результатом.

Отдельное направление, которое исследуется в литературе, связано с ИТ-сервисным менеджментом. В системе лучших практик управления ИТ-услугами ITIL 4 (Information Technology Infrastructure Library) сервис рассматривается как средство совместного создания ценности с потребителем услуги [7]. В диссертационном исследовании А. А. Стародубцева по формированию структуры управления ИТ-сервисом показана значимость процессного и сервисного подходов для предприятий, занятых в области цифровизации бизнеса, а также выделена проблема экономически обоснованного выбора структуры ИТ-сервиса [19]. Акцент в указанной работе сделан на формировании структуры управления ИТ-сервисом в целом, а не на автоматизации приема и первичной обработки многоформатных клиентских обращений.

В работе В. И. Шевченко, посвященной информационным технологиям поддержки гарантоспособных ИТ-сервисов в бизнес-критических системах, основное внимание уделяется соблюдению соглашений об уровне обслуживания (Service Level Agreement, SLA), созданию службы управления ИТ-обращениями (Service Desk) и необходимости поддерживать гарантированный

уровень качества ИТ-сервисов [22]. Аналогичные подходы к управлению SLA с использованием ITIL, workflow-инструментов и intent-driven систем представлены в исследованиях [3, 14]. В исследовании Л. А. Артюшиной и Е. А. Троицкой также рассматриваются процессы управления ИТ-сервисами, контентом, стандартами и моделями предоставления сервисов [15]. Эти источники подтверждают, что обработка обращений должна быть встроена в контур управления качеством услуги, а не сводиться к переписке между клиентом и специалистом.

Анализ литературы показывает, что остается недостаточно раскрытой прикладная задача повышения эффективности послепродажного обслуживания в ИТ-консалтинговой компании. Сложность поддержки управления на основе автоматизации в этом случае связана с тем, что обращение клиента часто содержит не только текстовое описание, но и скриншоты ошибок, фрагменты системных сообщений, вложенные документы и другие неполные сведения, связанные с эксплуатацией поставленной заказчику информационной системы. Очевидно, что традиционная схема Service Desk нуждается в дополнительном контуре предобработки, который позволял бы определить тип данных, выделить смысл обращения, сформировать структурированный результат и только после этого выбрать маршрут обработки.

Прикладные исследования по автоматизации клиентского сервиса в ИТ-компании показывают, что внедрение технологических инструментов должно сопровождаться оценкой экономического эффекта и анализом статистики обращений [16]. Известные работы, как правило, ориентированы на отдельные описания инструментов и не фокусируются на формировании общей модели интеграции систем компании, в частности для обработки многоформатных обращений. В этой связи актуальной является задача использования в процессах послепродажного обслуживания новых типов архитектур, например, интеграционных платформ, позволяющих устранить разрывы между сервисами и системами компании, повысить за счет этого скорость рассмотрения заявок и адаптировать рабочую область к потребностям заказчиков.

Развитие генеративного искусственного интеллекта усиливает интерес к автоматизации процессов, связанных с обработкой неструктурированных данных. В зарубежных исследованиях уже обсуждается возможность использования генеративных моделей для поддержки Business Process Management, в том числе для анализа данных, рекомендаций и повышения эффективности процессов, основанных на знании специфики бизнеса [2]. Однако для сервисного контура ИТ-консалтинговой компании принципиально важно не только сгенерировать ответ клиенту, но и встроить ИИ в оркестратор, который управляет процессами и обеспечивает фиксацию действий, связь с SLA и возможность последующего анализа повторяющихся инцидентов. Разработка и внедрение подобных решений также предполагают применение общих подходов к управлению ИТ-проектами [20].

Следовательно, интеграционная платформа должна объединять workflow-автоматизацию, ИИ-классификацию, поиск типовых решений, бизнес-маршрутизацию и показатели сервисного управления, снижая влияние «операционного трения».

Методы исследования

Методологическую основу составили процессный подход, функциональная декомпозиция операций приема и маршрутизации, сравнение ручного и автоматизированного сценариев, workflow-моделирование и расчетно-аналитическая оценка эффекта.

Сначала описан исходный процесс: канал поступления, состав письма, маршруты и показатели сравнения. Теоретическую базу составили исследования цифровой трансформации [13, 17], ИТ-сервисов [7, 15], управления знаниями [21], бизнес-процессов [5, 18] и workflow-систем [1, 9, 11].

На втором этапе осуществлялась автоматизация рабочих процессов послепродажного обслуживания на интеграционной платформе. Интеграционная платформа – это программная среда, обеспечивающая автоматизированный обмен данными и управление взаимодействием между информационными системами, сервисами и пользователями. Workflow рассматривается как исполняемая последовательность действий, отражающая бизнес-логику проекта. Узел workflow является функциональным блоком, выполняющим отдельную операцию: прием события, вызов API, условную проверку, программную обработку, ожидание или отправку сообщения. Payload представляет собой JSON-объект данных, передаваемый между узлами. Correlation ID позволяет связать события в разных системах и восстановить историю обработки обращения. Idempotency означает свойство операции, при котором повторное выполнение не приводит к дублированию результата.

Для программируемых операций использован Code node с поддержкой JavaScript и Python [8], а для входных событий — webhook-триггеры [10]. Такая совокупность связанных узлов обеспечивает запуск, обработку, преобразование и передачу данных [9, 11].

Обращения классифицируются по типу контента (текст, изображения, комбинированный формат) и характеру проблемы. Для типовой ошибки возможна автоматическая инструкция; отраслевая ошибка передается профильному специалисту; вопрос, обусловленный спецификой бизнеса заказчика, — менеджеру или руководителю проекта.

Для оценки эффективности предложенного интеграционного решения были использованы показатели, которые могут быть получены из журналов выполнения workflow и системы электронной почты: среднее время первичной реакции, доля автоматически классифицированных обращений, доля корректной маршрутизации, количество обращений, переданных на ручную эскалацию, доля обращений, обработанных в рамках SLA, а также трудоемкость первичной обработки в человеко-минутах. Такой набор показателей позволяет сопоставить технологический результат автоматизации с управленческим эффектом для отдела послепродажного обслуживания. В настоящей работе количественная оценка ограничена экономическими показателями, а накопление статистики по точности маршрутизации, времени первичной реакции и соблюдению SLA рассматривается как направление дальнейшего исследования.

Результаты исследования

Архитектура автоматизированного workflow

Разработанный бизнес-процесс обеспечивает переход от получения обращения к классификации, маршрутизации и ответу. Платформа n8n выбрана как оркестратор узлов и внешних ИИ-сервисов.

Каждое письмо получает формализованный статус и проходит единый алгоритм. Платформа связывает почтовый канал, базу знаний, внешний поиск, ИИ-анализ и коммуникацию со специалистами (рисунок 1).

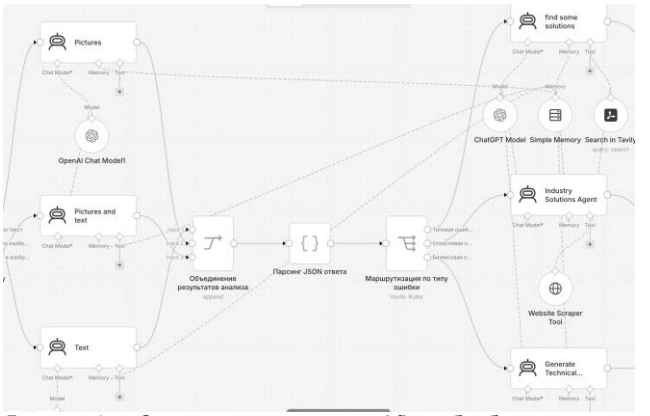


Рисунок 1 — Структурная схема workflow обработки клиентских обращений

Архитектура включает три уровня. На первом письмо разбирается на текст, вложения и служебные признаки; на втором ИИ интерпретирует текст, изображение либо их сочетание; на третьем обращение направляется на поиск типового решения, профильному эксперту или менеджеру проекта. Так техническая предобработка отделяется от бизнес-решения о маршруте (таблица 1).

Таблица 1
Функциональные блоки автоматизированного бизнес-процесса

Этап	Узлы / инструменты	Функция в процессе	Ожидаемый результат
Триггер	Получение писем Outlook	Чтение новых писем; извлечение текста, вложений и параметров цепочки.	Запуск workflow; сохранение контекста.
Предобработка	Code node: тип контента	Определение hasText, hasImages, contentType и состава вложений.	Признаки маршрутизации.
Маршрутизация контента	Switch node	Разделение на text_only, images_only и text_and_images.	Нужная ветка ИИ-анализа.
ИИ-анализ	Text / Pictures / Pictures and text	Классификация, извлечение смысла и резюмирование.	JSON: категория, уверенность, описание.
Нормализация	Merge + парсинг JSON	Объединение потоков и единая структура результата.	Объект для бизнес-логики.
Бизнес-логика	Switch по типу ошибки	Выбор типового, отраслевого или клиентского сценария.	Маршрут обращения.
Поиск решения	Search node, Tavily, Memory	Поиск инструкции с учетом прошлых обращений.	Проект ответа клиенту.
Коммуникация	Outlook response nodes	Ответ клиенту или уведомление об эскалации.	Реакция в рамках SLA.

Триггер Microsoft Outlook запускает workflow для нового непрочитанного письма и извлекает тему, отправителя, текст, вложения и параметры переписки. Контекст сохраняется для ответа в исходной цепочке; фильтр unread предотвращает повторную обработку.

Узел предобработки определяет наличие текста и изображений, типы файлов и признаки hasText, hasImages, contentType. Затем обращение направляется в текстовую, визуальную или комбинированную ветку ИИ-анализа.

Модель маршрутизации и классификации обращений

Ключевым результатом исследования является модель маршрутизации, основанная на последовательном разделении обращения сначала по типу контента, а затем по типу выявленной проблемы. На первом уровне маршрутизации решается технологическая задача: выбрать минимально достаточный инструмент анализа структуры и содержания обращения клиента. Это важно с точки зрения экономии вычислительных ресурсов и снижения стоимости обработки, поскольку текстовые обращения не требуют применения мультимодальных моделей ИИ, а обращения со скриншотами ошибок не могут быть корректно интерпретированы без анализа изображения.

На втором уровне маршрутизации система классифицирует проблему по бизнес-значимому основанию. Типовые ошибки относятся к повторяющимся техническим сбоям, для которых возможно сформировать инструкцию на основе базы знаний, истории обращений и веб-поиска. Отраслевые ошибки связаны со спецификой программного решения, предметной области клиента или интеграционного контура, поэтому требуют участия профильного специалиста. Проблемы, связанные со спецификой бизнеса заказчика, затрагивают изменение требований, приоритетов, договорных условий или логики работы клиента, что делает необходимым подключение менеджера или руководителя проекта.

ИИ возвращает структурированный JSON. Поле confidence поддерживает пороговую логику: при низкой уверенности обращение передается оператору, что снижает риск ошибочного автоматического ответа.

Подготовленные системой ответы выполняют не только техническую, но и управленческую функцию. Система переводит разнородные результаты анализа в единый формат, пригодный для дальнейшего контроля, аналитики и накопления статистики, что повышает эффективность управления. В перспективе такие данные могут использоваться для выявления повторяющихся проблем, оценки качества внедренных решений, формирования базы типовых инцидентов и пересмотра SLA по отдельным категориям клиентов.

Интеграция искусственного интеллекта и поиска решений

Применение искусственного интеллекта в предложенной модели не сводится к генерации текста ответа по промпту [12]. При анализе текста модель определяет предмет обращения, предполагаемый модуль информационной системы, область возникновения ошибки, характер сбоя и возможные действия пользователя. При анализе изображений модель интерпретирует скриншоты, распознает видимые сообщения об ошибках и сопоставляет их с текстом письма. Комбинированный сценарий позволяет учитывать сведения из обоих источников, поскольку пользователь часто описывает проблему неполно, а ключевые данные могут находиться именно на скриншоте.

Для типовых ошибок workflow использует внешний поиск и память. Поиск актуализирует инструкции при изменениях продукта, API или настроек; память сохраняет контекст прошлых обращений, реализуя принципы управления знаниями [21] средствами n8n [23].

Ответ содержит резюме обращения, предполагаемую причину, инструкцию и просьбу сообщить о результате; при сохранении ошибки указывается ее передача специалисту.

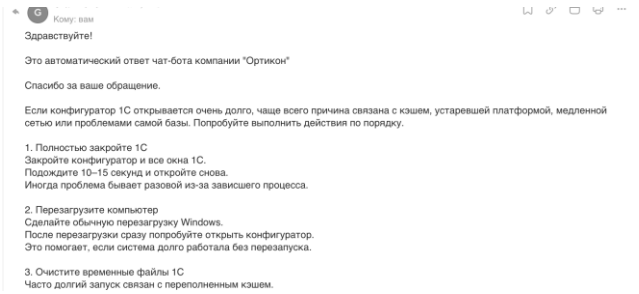


Рисунок 2 — Пример ответа ИИ-бота

Отраслевые и обусловленные бизнес-контекстом проблемы автоматически не закрываются. Система готовит резюме специалисту и подтверждает клиенту прием заявки, не подменяя экспертное решение.

Оценка экономического эффекта от внедрения автоматизированной системы послепродажного обслуживания

После ввода автоматизированного workflow в эксплуатацию ИИ-агент полностью принял на себя следующие функции сотрудника первой линии поддержки: прием и регистрацию обращений; первичную диагностику; классификацию проблемы; поиск типового решения; подготовку ответа и маршрутизацию сложных заявок. Соответствующая штатная единица была исключена из операционной модели отдела, при этом объем обслуживания сохранился. Отраслевые проблемы и проблемы, связанные со спецификой бизнеса заказчика, передаются действующим профильным специалистам и менеджерам без увеличения численности подразделения. Стоимость исключенной штатной единицы составляла 500 рублей в час, или 80 000 рублей в месяц при нормативной занятости 160 часов. Разовые затраты на разработку и внедрение составили 10 000 рублей, а фактические ежемесячные расходы на подписки, сопровождение workflow и доработку функционала составляют 4 000 рублей.

Экономический эффект формируется за счет снижения расходов на персонал при сохранении обработки типовых обращений, контроля SLA и ручной эскалации сложных случаев.

Таблица 2

Экономический эффект от использования интеграционной платформы

Показатель	Расчет	Значение
Фактическая стоимость исключенной штатной единицы в месяц	500 руб./ч × 160 ч	80 000 руб.
Фактические ежемесячные расходы на эксплуатацию ИИ-системы	Подписки, сопровождение и доработки	4 000 руб.
Достигнутый экономический эффект в месяц	80 000 руб. − 4 000 руб.	76 000 руб.
Экономия расходов на персонал в пересчете на 12 месяцев	80 000 руб. × 12	960 000 руб.
Совокупные затраты на ИИ-проект за первый год эксплуатации	10 000 руб. + (4 000 руб. × 12)	58 000 руб.
Экономический эффект за первый год эксплуатации	960 000 руб. − 58 000 руб.	902 000 руб.
Фактический срок окупаемости первоначальных вложений	10 000 руб. / 76 000 руб. в месяц	около 0,13 месяца, или 4 дня

Чистый ежемесячный эффект равен 76 000 руб. Первоначальные вложения окупились за 0,13 месяца, или около четырех дней; годовая экономия расходов на персонал составляет 960 000 руб.

Одновременно снижается зависимость процесса от ручных операций, стандартизируется обработка и поддерживается контроль SLA.

Заключение

Предложена модель автоматизации послепродажного обслуживания, устраняющая разрывы между системами, неоднородность заявок, ручную маршрутизацию и трудности контроля SLA.

Workflow получает письма Outlook, определяет тип контента, выполняет ИИ-классификацию, ищет решения для типовых проблем и маршрутизирует сложные обращения. Это снижает зависимость от ручных действий и формирует данные для сервисной аналитики.

Передача функций первой линии системе позволила исключить штатную единицу стоимостью 80 000 руб. в месяц. При расходах 4 000 руб. чистый эффект составил 76 000 руб., а вложения окупились примерно за четыре дня.

Дальнейшая эксплуатация требует контроля качества ИИ-анализа, информационной безопасности и соблюдения SLA, необходимых для устойчивости процесса и сохранения экономического эффекта.

Литература

1. Aalst W. M. P. van der, Hee K. M. van. Workflow Management: Models, Methods, and Systems. Cambridge, MA: MIT Press, 2002. 368 p.
2. Beheshti A., Yang J., Sheng Q. Z., Benatallah B., Casati F., Dustdar S., Motahari Nezhad H. R., Zhang X., Xue S. ProcessGPT: Transforming Business Process Management with Generative Artificial Intelligence // 2023 IEEE International Conference on Web Services (ICWS). IEEE, 2023. P. 731–739. DOI: 10.1109/ICWS60048.2023.00099.
3. Cusick J. J. Achieving and Managing Availability SLAs with ITIL Driven Processes, DevOps, and Workflow Tools. arXiv:1705.04906, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1705.04906.
4. Davenport T. H. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Boston: Harvard Business School Press, 1993. 352 p.
5. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2018. 527 p.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York: HarperBusiness, 1993. 223 p.
7. ITIL Foundation: ITIL 4 Edition. London: TSO, 2019. 212 p.
8. n8n GmbH. Code node [Электронный ресурс]. URL: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/core-nodes/n8n-nodes-base.code/ (дата обращения: 17.06.2026).
9. n8n GmbH. Nodes [Электронный ресурс]. URL: https://docs.n8n.io/workflows/components/nodes/ (дата обращения: 17.06.2026).

10. n8n GmbH. Webhook node [Электронный ресурс]. URL: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/core-nodes/n8n-nodes-base.webhook/ (дата обращения: 17.06.2026).
11. n8n GmbH. Welcome to n8n Docs [Электронный ресурс]. URL: https://docs.n8n.io/ (дата обращения: 17.06.2026).
12. OpenAI. OpenAI API Documentation [Электронный ресурс]. URL: https://developers.openai.com/api/docs/ (дата обращения: 17.06.2026).
13. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business, 2016. 192 p.
15. Артюшина Л. А., Троицкая Е. А. Управление ИТ-сервисами и контентом: учеб. пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. 280 с.
16. Орехова Е. Ю. Автоматизация интегрированных систем клиентского сервиса: выпускная квалификационная работа. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023.
17. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «КомНьюс Груп», 2019. 368 с.
18. Серышев Р. В., Фролов Ю. В. Стратегический менеджмент. Формирование стратегии и проектирование бизнес-процессов: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2017. 166 с.
19. Стародубцев А. А. Формирование структуры управления ИТ-сервисом на предприятии сферы информатизации: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Санкт-Петербург, 2010. 166 с.
20. Стрекалова Н. Б., Подулыбина О. И., Иванова Н. А. Управление ИТ-проектами: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТАУ, 2021. 104 с.
21. Фролов Ю. В. Управление знаниями: учебник. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2019. 324 с.
22. Шевченко В. И. Информационные технологии поддержки гарантоспособных ИТ-сервисов в бизнес-критических системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Севастополь, 2014.
23. n8n GmbH. Simple Memory node [Электронный ресурс]. URL: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/cluster-nodes/sub-nodes/n8n-nodes-langchain.memorybufferwindow/ (дата обращения: 02.09.2026).

Improving the efficiency of after-sales service processes in an it consulting company using an integration platform

Frolov Yu.V., Kaygorodtsev M.Ya.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines the automation of initial request processing in the after-sales service of an IT consulting company. The study aims to improve the efficiency of a business process that includes request intake, input content type identification, problem classification, retrieval of a standard solution, and request routing. Using the n8n platform as an example, the article demonstrates how a workflow-based approach can be applied to process text messages, error screenshots, and combined requests. The proposed performance indicators include initial response time, the share of requests processed automatically, routing accuracy, labor intensity, and compliance with service level agreements (SLAs). Operational results show that the automated system assumed the functions of one first-line support employee. The initial development costs were recovered within the first month of operation, after which the project began generating a sustainable positive economic effect.

Keywords: digital transformation, integration platform, business process automation, after-sales service, IT consulting, customer requests, artificial intelligence, workflow, SLA, request routing.

References

1. Aalst W. M. P. van der, Hee K. M. van. Workflow Management: Models, Methods, and Systems. Cambridge, MA: MIT Press, 2002. 368 p.
2. Beheshti A., Yang J., Sheng Q. Z., Benatallah B., Casati F., Dustdar S., Motahari Nezhad H. R., Zhang X., Xue S. ProcessGPT: Transforming Business Process Management with Generative Artificial Intelligence. 2023 IEEE International Conference on Web Services (ICWS). IEEE, 2023. P. 731–739. DOI: 10.1109/ICWS60048.2023.00099.
3. Cusick J. J. Achieving and Managing Availability SLAs with ITIL Driven Processes, DevOps, and Workflow Tools. arXiv:1705.04906, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1705.04906.
4. Davenport T. H. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Boston: Harvard Business School Press, 1993. 352 p.
5. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2018. 527 p.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York: HarperBusiness, 1993. 223 p.
7. ITIL Foundation: ITIL 4 Edition. London: TSO, 2019. 212 p.
8. n8n GmbH. Code node [Online]. Available at: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/core-nodes/n8n-nodes-base.code/ (accessed 17 June 2026).
9. n8n GmbH. Nodes [Online]. Available at: https://docs.n8n.io/workflows/components/nodes/ (accessed 17 June 2026).
10. n8n GmbH. Webhook node [Online]. Available at: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/core-nodes/n8n-nodes-base.webhook/ (accessed 17 June 2026).
11. n8n GmbH. Welcome to n8n Docs [Online]. Available at: https://docs.n8n.io/ (accessed 17 June 2026).
12. OpenAI. OpenAI API Documentation [Online]. Available at: https://developers.openai.com/api/docs/ (accessed 17 June 2026).
13. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business, 2016. 192 p.
15. Artyushina L. A., Troitskaya E. A. IT Service and Content Management: textbook. Vladimir: VlSU, 2021. 280 p.
16. Orekhova E. Yu. Automation of Integrated Customer Service Systems: graduation thesis. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University, 2023.
17. Prokhorov A., Konik L. Digital Transformation: Analysis, Trends, Global Experience. Moscow: ComNews Group LLC, 2019. 368 p.
18. Seryshev R. V., Frolov Yu. V. Strategic Management: Strategy Formation and Business Process Design: textbook. 2nd ed., rev. and suppl. Moscow: Yurait Publishing House, 2017. 166 p.
19. Starodubtsev A. A. Formation of an IT Service Management Structure at an Informatization Enterprise: Cand. Sci. (Econ.) dissertation: 08.00.05. St. Petersburg, 2010. 166 p.
20. Strekalova N. B., Podulybina O. I., Ivanova N. A. IT Project Management: study guide. Togliatti: TAU, 2021. 104 p.
21. Frolov Yu. V. Knowledge Management: textbook. 2nd ed., rev. and suppl. Moscow: Yurait Publishing House, 2019. 324 p.
22. Shevchenko V. I. Information Technologies for Supporting Dependable IT Services in Business-Critical Systems: abstract of Cand. Sci. (Eng.) dissertation: 05.13.06. Sevastopol, 2014.
23. n8n GmbH. Simple Memory node [Online]. Available at: https://docs.n8n.io/integrations/builtin/cluster-nodes/sub-nodes/n8n-nodes-langchain.memorybufferwindow/ (accessed 2 September 2026).

К вопросу о природе риска и методах его учёта в управлении экономическими системами

Коровин Дмитрий Игоревич
д.э.н., к.ф.-м.н., профессор кафедры моделирования и системного анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, dikorovin@fa.ru

В статье излагаются примеры использования некоторых подходов в имитационном моделировании экономических и финансовых процессов. Автор предлагает процедуры симуляции в экономике и финансах согласовать с поддерживаемым им определениям риска. Предполагая, что вероятностный подход к оцениванию риска является наиболее популярным, в работе основное место уделено методам имитационного моделирования с применением метода Монте-Карло. Для генерации различных экономических показателей необходимо генерировать случайные величины с определенным вероятностным распределением. Вопросам выбора функции распределения, порождающей симуляцию значений моделируемой величины, уделяется, по мнению автора, недостаточное внимание. Если нам известны статистики наблюдений реальных показателей, подлежащих моделированию, то в лучшем случае исследователи перебирают известные им функции распределения, отбирая наилучшую по статистическим критериям. Однако, в случаях отсутствия ретроспективных наблюдений такое решение невозможно. В этих случаях автор, где и когда это возможно, предлагает применять принципы причинно-следственного анализа, позволяющего понять характер причин неопределенности в фиксации показателя процесса. На сегодняшний день известных подходов недостаточно. В приведенных описаниях примеров продемонстрировано как отобранные таким образом распределения приводят к результатам. Само имитационное моделирование предлагается рассмотреть как способ анализа предлагаемых мероприятий по управлению рисками на предприятии и в управлении экономико-социальными системами.

Ключевые слова: Риск, метод Монте-Карло, имитационное моделирование, распределение вероятностей.

«Научите попугая произносить „спрос" и „предложение" и у вас будет готовый экономист». Данная фраза, традиционно приписываемая Томасу Карлейлю, иллюстрирует упрощённое восприятие экономической науки как дисциплины, сводящейся к механическому применению базовых категорий. В современной практике государственного управления аналогичную роль может сыграть термин «риск»: усвоение этого понятия нередко воспринимается как достаточное условие компетентности руководителя.

Между тем управление государственными системами, охватывающими практически все сферы экономической, социальной и политической деятельности, сопряжено с воздействием огромного числа факторов (взаимосвязанных и независимых), предсказать реакцию управляемого объекта на которые практически невозможно. Попытка учитывать лишь основные факторы вступает в противоречие с фундаментальной целью государственного управления — достижением благосостояния каждого гражданина, а не выполнением заявленных ключевых показателей, выбор и назначение которых осуществляются косвенно заинтересованными агентами. Риск в данном контексте становится способом учёта влияния не только основных, но и прочих факторов, природа которых зачастую остаётся вне сферы анализа.

Понятие риска: историко-терминологический аспект

Термин «риск» вошел в лексикон экономистов начиная с 1755 года, впервые возникнув в работе Ричарда Кантильона Essai sur la nature du commerce en général. Однако однозначного определения, принимаемого всеми заинтересованными лицами, до настоящего времени не сформировано. Представляется допустимым выделить два подхода к этому понятию, различающихся способами последующего применения данного феномена.

Первый подход — административный. Под риском понимается система оценки ситуации, состояния объекта или финансового инструмента, в которой на основе ретроспективной информации и статистических методов определяются границы интервалов. Попадание в них (или непопадание) свидетельствует о неприятии выбранного пути развития процесса. В контексте такого определения теория риска предстаёт как система управления организацией и финансовыми инструментами. Данный подход предполагает применение широкого спектра методик и приёмов, описываемых теориями риска в экономике и финансах. Расчётные схемы основываются на развитых математических моделях, которые, однако, являются унифицированными, то есть не зависят от личности лица, принимающего решение (далее — ЛПР), индивидуальных особенностей объектов и т. д.

Второй подход — персональный. Под риском понимается отношение конкретного лица, принимающего решения, к неопределённости достижения запланированных значений показателей экономического или финансового процесса. Это позволяет ЛПР использовать известные и доступные ему способы управления риском с учётом личного опыта и доступа к ресурсам. Второй подход признаётся теоретическим. Слишком многие факторы сложны для оценки. Но развитие вычислительной техники позволяет применять классические математические методы для учёта «персонального» риска в управлении на практике.

Неопределённость как базовая категория

Базовым элементом любого определения риска можно считать неопределённость. Вероятность можно использовать лишь в классическом определении как нормированную счётно-аддитивную меру; иная интерпретация приведёт к конфликту с методами стохастической финансовой математики. Удобно трактовать неопределённость как возможность получения различных исходов.

В теории познания окружающего мира зарекомендовал себя подход, известный как метод Монте-Карло. Суть метода заключается в многократном проигрывании виртуальной модели, близкой к реальности, и определении статистических характеристик, описывающих свойства реального процесса. При этом отсутствие знания о результате применения действий или бездействия компенсируется генерацией случайных значений.

В настоящее время развитие метода Монте-Карло реализуется в имитационном моделировании. Принято выделять три актуальных подхода: дискретно-событийный, агентно-ориентированный и системная динамика. Каждый подход имеет свои особенности и сферу применения, однако в ситуациях, характеризующихся неопределённостью, возникает необходимость генерации случайных величин, имеющих некоторое распределение. В различных практиках виду распределения уделяется недостаточное внимание. Действительно, если характер восприятия случайного возмущения неочевиден (то есть отсутствует информация о конкретных условиях воздействия и способах фиксации и реакции участников процесса), установить характер распределения результатов учёта независящих от наблюдателя процессов невозможно. В этом случае делаются лишь общие предположения о характере распределений: симметричность, компактный носитель и т. д.

Восприятие результата ЛПР

Предположение о том, что вычисленное значение некоторого анализируемого показателя является однозначным для ЛПР, представляется бессмысленным. ЛПР воспринимает результат как интервал (наихудший и наилучший варианты), как нечёткое множество или как распределение частот отклонений от ожидаемого значения — то есть как функцию распределения (плотность). Выбор формы восприятия зависит от уровня подготовки ЛПР, склонностей обучавших его преподавателей, набора использованных учебников и влияния окружения. Таким образом, независимо от наших предпочтений, мы приходим к понятию функции распределения (или, в рамках нечёткой логики, функции принадлежности).

Понимание характера распределения исходных характеристик факторов приобретает существенное значение. В качестве иллюстрации сошлёмся на опыт 2004 года, когда автор настоящей работы участвовал в экспертизе проекта организации коммерческо-производственной деятельности крупного предприятия в Ленинградской области. Бизнес-модель процесса описывала все производственные функции и использовала оценки первого и второго моментов по ретроспективным данным. В итоге получались показатели деятельности, которые объявлялись нормальными, доверительные интервалы для средних оказывались приемлемыми. Принимая во внимание важность характера распределений, нами были вычислены не моменты, а функции распределения итоговых показателей. Это производилось с применением преобразований случайных величин, свёрток и метода характеристических функций. Полученный результат оказался существенно более точным: среднеквадратическое отклонение превышало оценки средних в 14 раз, что делало значимость исходных выкладок ничтожной.

О происхождении знаний о распределениях в экономике и финансах

На стоимость фондового актива S(t) в момент времени t влияет большое количество действий (покупок и продаж разного количества акций по различным ценам). За каждый таймфрейм стоимость актива изменяется в $1+a_t$ раз, где a_t — текущий случайный показатель доходности. Тогда

$$S(t) = S(t-1)(1+a_t) = \ldots = S(0)\prod_{i=1}^{t}(1+a_i) = S(0)\exp\left(\sum_{i=1}^{t} ln(1+a_i)\right) \approx \approx S(0)exp\left(\sum_{i=1}^{t} a_i\right),$$

где последнее приближённое равенство применимо при условии малости таймфреймов, в течение которых a_i близки к нулю.

Учитывая, что воздействия на доходность носят случайный характер, можно предположить, что $\sum a_i$ представляет собой сумму большого числа случайных, ограниченных и независимых слагаемых. При выполнении некоторых правдоподобных ограничений, допускающих применение предельной теоремы, получаем логарифмически нормальное распределение для $S(t)$.

Однако, практики могут возразить: при существенном росте $S(t)$ доходность будет падать (нарушение условия независимости слагаемых), а редкие, но существенные события («тяжёлые хвосты») могут резко обрушить или, напротив, существенно поднять цены (нарушение условия ограниченности). Тем не менее, формула Блека-Шоулза (в варианте Самуэльсона) применяется во многих операциях и даже послужила основой для присуждения Нобелевской премии.

Детальное исследование характера влияния случайных факторов на измеряемый показатель с учётом последующей реакции ЛПР позволяет формулировать более точные предположения о «физике» процесса. Например, специфика работы отдела дебиторской задолженности предполагает, что интенсивность погашения задолженностей должна возрастать со временем. Подбирая коэффициенты k и n для построения функции интенсивности наступления моментов погашения

$\lambda(t)=kt^n$

соответствующей статистике погашения дебиторской задолженности клиентами компании X, мы получаем возможность использовать для генерации моментов погашения псевдослучайную величину с распределением Вейбулла. Действительно, зная, что интенсивность есть условная вероятность наступления события в момент t при условии, что до этого события не произошло, и решив задачу Коши для неизвестной функции распределения $F(t)$:

$F'(t)=\lambda(t)(1-F(t))$,

получим искомый результат.

Проверка значимости учёта распределений

Необходимость учёта распределений источников неопределенности можно проверить эмпирически. Для этого достаточно заменить в имитационной модели исходное распределение иным, но с теми же первым и вторым моментами, и сравнить результаты. Если расхождение отсутствует, то либо учёт неопределённости действительно несущественен в данной модели, либо модель формирует не ту неопределённость. Не исключён также вариант, при котором модель является учебной и обучаемому не доведена информация о возможности возникновения иного закона распределения.

Иллюстративный пример: оценка инвестиционного проекта

Одно известное российское машиностроительное предприятие приняло решение о производстве новой продукции совместно с японскими партнёрами (описываемая ситуация относится к 2000-м годам). Для реализации проекта необходимо было получить существенный кредит, который под гарантии регионального правительства готов был предоставить крупный российский банк. Был представлен бизнес-план с обязательным расчётом NPV проекта, в котором ставка дисконтирования определялась по известным методикам финансового менеджмента: базовая безрисковая ставка (в тот момент — ставка рефинансирования ЦБ) с надбавками за страновой, отраслевой риск, риск менеджмента и т.д. Ставка была завышена. Проект предполагался долгосрочным, базовая ставка могла существенно изменяться; тем не менее, финансисты, не обратив внимания на характер денежного потока (после первого слагаемого он не являлся знакопостоянным), применили стандартные расчёты. Банк кредит выдал. Предприятие проект, в том числе по объективным причинам, не реализовало. Бюджет возместил банку средства. Очевидно, что проблема не сводится исключительно к ошибке финансистов, но применение имитационного моделирования позволило бы указать на более существенные риски данной финансовой операции.

Рассмотрим упрощённый пример. Пусть начальная сумма кредита CF0 =500; CF1, CF2, CF3 — оценки величин выгод от проекта через один, два и три года соответственно. Они представляют собой случайные величины со средними m_i (из бизнес-плана) и дисперсиями s_i^2, определяемыми экспертами предприятия (как правило, необходимых датасетов требуемых статистик не имеется). Сделаем предположение о характере изменения ставки дисконтирования. Пусть ставка a_{i+1} в последующем периоде определяется как

$a_{i+1}=a_i+d_i$,

где: d_i - случайные величины, определённые на отрезке $[-u;u]$, имеющие бета-распределение с параметрами α_i и β_i. Эти параметры либо вычисляются по известным из ретроспективы средним и дисперсиям соответствующих наблюдений, либо, учитывая, что от соотношения параметров зависит предпочтительность отрицательных значений (тренд на снижение ставки, $1<\alpha_i<\beta_i$) или положительных значений (тренд на рост ставки, $1<\beta_i<\alpha_i$), подбираются требуемым образом [2].

В описанном примере значения CF1, CF2, CF3 реализованы как генерации нормально распределённых (в демонстрационных целях) величин с заданными m_i и s_i; ставки дисконтирования изменяются каждый период по правилу $a_i=a_{i-1}+d_i$, где: d_i - случайные величины с бета-распределением, параметрами α_i и β_i и симметричными границами носителя. Вычисление дисконт-факторов учитывает возможность изменения ставки и в данном случае отличается от классической формулы.

Укажем, что для генерации выбранных распределений применялось правило Смирнова, согласно которому если $\{x_1, \ldots, x_n\}$ - последовательность независимых равномерно распределённых на [0;1] величин, то $\{y_i: y_i=F^{-1}(x_i),i=1,\ldots,n\}$ - последовательность случайных величин, имеющих функцию распределения $F(t)$.

Производя вычисления в цикле, получаем достаточно длинную последовательность случайных значений чистой приведённой стоимости, при расчёте которой учитываются смоделированные риски. Как правило, представляет интерес эмпирический закон распределения, анализ которого позволяет дать ответы на вопросы о частотах появления тех или иных интервалов значений. Таким образом, например, можно определить показатели, аналогичные VaR.

Пример: оценка времени критического пути в задачах с сетевым графиком

Сетевое планирование является простым, доступным способом для построения планов работ, состоящих из большого числа этапов, выполнение части из которых возможно производить параллельно. Предполагая, что мы знаем раннее и позднее время выполнение работ, порядок выполнения работ, мы в состоянии построить сетевой граф, в котором, определив среднее время выполнения работ, мы в можем найти среднее время критического пути, как сумму средних времен работ, которые этот путь составляют. Произведя оценки дисперсии данных работ, мы делаем предположение о независимости слагаемых, используем предельную теорему для построения доверительных интервалов величины, рассматриваемой нами как время критического пути. В действительности, если организатор работ имеет опыт в распределении сил и средств для выполнения каждой отдельной работы мы получаем сетевой граф, в котором возникает большое количество подкритических путей. Число и состав работ в таких путях разное, не обязательно достаточно большое по количеству. Поэтому, для получения более точного анализа времени критического пути мы рассматриваем следующую модель. Пусть время выполнения работ описывается бета-распределением на носителе (раннее время окончания работ; позднее время окончания работ). Параметры распределения можно оценить методом моментов (с решением квадратного уравнения), оценив математическое ожидание и дисперсию или сделав экспертное предположение о соотношении этих параметров, зная особенности технологической работы. Если этот подход неприемлем, то моменты оцениваются как в методике PERT. Генерируем значения времен выполнения работ и запускаем имитационный процесс: исследуем сетевой граф, приписывая каждой его вершине Ti число V(Ti):

$V(Ti)=\max(V(Ti_1)+t(i_1, i); V(Ti_2)+t(i_2, i);\ldots; V(Ti_n)+t(i_n, i))$,

где: $\{Ti_1, \ldots, Ti_n\}$ – набор инцидентных Ti вершин, из которых есть входящие в Ti ребра, $t(i_j, i)$ – сгенерированные времена выполнения работ, инициируемых вершинами i_j и i. Вычисляем V(Тфинальная вершина) – критическое время и фиксируем критический путь – последовательность вершин, на

которой это время реализуется. Удобно это сделать «обратным ходом» от финальной вершины, выбирая в последовательности аргументов функции max(.) то выражение (соответсвующее вершине критического пути из которой в текущую вершину мы приходим), на котором это максимум реализуется. Один из способов хранения информации о критическом пути - код, состоящий из n-2 позиций, в котором на j-ой позиции стоит 1, если критический путь проходит через j-ую вершину и 0, если не проходит. Первая и последняя вершина всегда элементы последовательности, поэтому они нам для анализа количества путей, которые могут стать критическими неинтересны. Делаем необходимое количество имитаций, определяем распределение времени критического пути и распределение свойства критичности по допустимым путям в сетевом графе. Эта информация, во-первых, не основывается на некорректном утверждении о применимости предельной теоремы для оценки времени критического пути, во-вторых, дает понимание того, на каких путях (последовательностях работ) необходимо провести дополнительные резервные мероприятия.

Управление рисками в имитационной модели

Управление рисками осуществляется путём включения в модель процедур, направленных на снижение риска, но в процессе реализации которых также возникают случайные возмущения. Например: при резервировании - цены на хранение резервов; при страховании - изменения внешних факторов среды, способных снизить финансовую эффективность; при диверсификации - внешние воздействия, влияющие одновременно на все активы, и т. д.

Выводы

В условиях, когда внешняя среда претерпевает существенные изменения под воздействием политических флуктуаций, а ретроспективные данные становятся малопригодными для корректного моделирования, можно с основанием полагать, что имитационное моделирование с применением стохастических методов и учётом персональных качеств ЛПР в ближайшем будущем займёт существенное место среди методов исследования экономических и финансовых трендов. В данном контексте наиболее продуктивным представляется агентно-ориентированное имитационное моделирование.

Литература

1. Егоров, В. Н. Основы экономической теории надежности производственных систем / В. Н. Егоров, Д. И. Коровин. — Москва : Наука, 2006. — 524, [1] с. : ил., табл. — ISBN 5-02-034984-4.
2. Коровин, Д. И. Оптимизация промышленного производства методами имитационного моделирования : монография / Д. И. Коровин, М. В. Коротеев, Д. А. Петросов ; под ред. Д. И. Коровина. — Москва : КноРус, 2024. — 133 с. — ISBN 978-5-406-12956-2.
3. Knight F. H. Risk, uncertainty and profit. – Boston : Houghton Mifflin, 1921. – 381 p.
4. Handbook of the economics of risk and uncertainty / ed. by M. J. Machina, W. K. Viscusi. – Amsterdam : Elsevier, 2014. – 624 p.
5. Samuelson P. A. A complete model of warrant pricing that maximizes utility / P. A. Samuelson, R. C. Merton // Industrial Management Review. – 1969. – Vol. 10. – P. 17–46.
6. Hacura A. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation / A. Hacura, M. Jelen, R. Turyna // Transactions of the Universities of Košice. – 2001. – № 11. – P. 27–34.
7. Benhamed A. Investigation and modelling of economic systematic risk and capital requirement: a Monte Carlo simulation / A. Benhamed, M. S. Gassouma // Journal of Risk and Financial Management. – 2023. – Vol. 16, № 4. – Art. 241.
8. Maggauer K. Monte Carlo simulation-based economic risk assessment in energy communities / K. Maggauer, B. Fina // SSRN Electronic Journal. – 2024. – DOI: 10.2139/ssrn.4699586.
9. Khindanova I. A Monte Carlo model of a wind power generation investment / I. Khindanova, H. Angarita // Journal of Applied Business and Economics. – 2015. – Vol. 15, № 1. – P. 104–118.
10. Devroye L. Non-uniform random variate generation / L. Devroye. – New York : Springer-Verlag, 1986. – 843 p.
11. Голованов С. О. Применение методов имитационного моделирования в оценке рисков экономической безопасности организации при цифровой трансформации / С. О. Голованов // Проблемы анализа риска. – 2025. – Т. 14, № 80. – С. 78–95.
12. Kelley J. E. Critical-path planning and scheduling / J. E. Kelley, M. R. Walker // Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference. – 1959. – P. 160–173.
13. Charnes A. Critical path analyses via chance constrained and stochastic programming / A. Charnes, W. W. Cooper, G. L. Thompson // Operations Research. – 1964. – Vol. 12, № 3. – P. 460–470.
14. Sculli D. The completion time of PERT networks / D. Sculli // Journal of the Operational Research Society. – 1983. – Vol. 34, № 5. – P. 409–416.
15. Качалов Р. М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения / Р. М. Качалов. – Москва ; Санкт-Петербург : Нестор-История, 2012. – 388 с.
16. Качалов Р. М. Разработка стратегии предприятия на основе оценки факторов экономического риска / Р. М. Качалов, В. Н. Мороз // Экономическая наука современной России. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 77–88.
17. Клейнер Г. Б. Системная экономика как платформа развития современной экономической теории / Г. Б. Клейнер // Вопросы экономики. – 2013. – № 6. – С. 4–28.
18. Имитационное моделирование экономических систем / отв. ред. К. А. Багриновский. – Москва : Наука, 1978. – 288 с.
19. Цыренов Д. Ч. Оценка инвестиционного проекта методом Монте-Карло при наличии риска / Д. Ч. Цыренов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2018. – Т. 11, № 8. – С. 495–504.
20. Горелик В. А. Управление риском в стохастических задачах фондового инвестирования / В. А. Горелик, Т. В. Золотова // Труды MLS'D-2020. – Москва, 2020. – С. 303–311.

Regarding the nature of risk and methods for accounting for it in the management of economic systems

Korovin D.I.

Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article presents examples of the use of certain approaches in the simulation modeling of economic and financial processes. The author proposes aligning simulation procedures in economics and finance with the definitions of risk that he supports. Assuming that the probabilistic approach to risk assessment is the most popular, the work focuses primarily on simulation modeling methods using the Monte Carlo method. To generate various economic indicators, it is necessary to generate random variables with a specific probability distribution. According to the author, insufficient attention is paid to the issues of selecting a distribution function that generates simulations of the values of the modeled quantity. If we know the statistics of observations of the real indicators to be modeled, then, at best, researchers go through the distribution functions they know, selecting the best one according to statistical criteria. However, in cases where there are no retrospective observations, such a solution is impossible. In this case, the author, where and when possible, suggests applying the principles of cause-and-effect analysis, which makes it possible to understand the nature of the causes of uncertainty in fixing the process indicator. To date, the known approaches are insufficient. The examples provided demonstrate how the distributions selected in this way lead to results. It is proposed to consider simulation modeling itself as a method for analyzing proposed risk management measures at the enterprise and in the management of economic and social systems.

Keywords: Risk, Monte Carlo method, simulation modeling, probability distribution.

References

1. Egorov, V. N. Fundamentals of the Economic Theory of Reliability of Production Systems / V. N. Egorov, D. I. Korovin. — Moscow: Nauka, 2006. — 524, [1] p.: ill., tables. — ISBN 5-02-034984-4.
2. Korovin, D. I. Optimization of Industrial Production Using Simulation Modeling Methods: A Monograph / D. I. Korovin, M. V. Koroteev, D. A. Petrosov; ed. by D. I. Korovin. — Moscow: KnoRus, 2024. — 133 p. — ISBN 978-5-406-12956-2.
3. Knight, F. H. Risk, Uncertainty and Profit. – Boston: Houghton Mifflin, 1921. – 381 p.
4. Handbook of the Economics of Risk and Uncertainty / ed. by M. J. Machina, W. K. Viscusi. – Amsterdam: Elsevier, 2014. – 624 p.
5. Samuelson, P. A. A Complete Model of Warrant Pricing That Maximizes Utility / P. A. Samuelson, R. C. Merton // Industrial Management Review. – 1969. – Vol. 10. – P. 17–46.
6. Hacura, A. Risk Analysis in Investment Appraisal Based on the Monte Carlo Simulation / A. Hacura, M. Jelen, R. Turyna // Transactions of the Universities of Košice. – 2001. – No. 11. – P. 27–34.
7. Benhamed, A. Investigation and Modelling of Economic Systematic Risk and Capital Requirement: A Monte Carlo Simulation / A. Benhamed, M. S. Gassouma // Journal of Risk and Financial Management. – 2023. – Vol. 16, No. 4. – Art. 241.
8. Maggauer K. Monte Carlo simulation-based economic risk assessment in energy communities / K. Maggauer, B. Fina // SSRN Electronic Journal. – 2024. – DOI: 10.2139/ssrn.4699586.
9. Khindanova I. A Monte Carlo model of a wind power generation investment / I. Khindanova, H. Angarita // Journal of Applied Business and Economics. – 2015. – Vol. 15, No. 1. – pp. 104–118.
10. Devroye L. Non-uniform random variate generation / L. Devroye. – New York: Springer-Verlag, 1986. – 843 p.
11. Golovanov S. O. Application of simulation modeling methods in assessing economic security risks for an organization undergoing digital transformation / S. O. Golovanov // Risk Analysis Problems (Problemy analiza riska). – 2025. – Vol. 14, No. 80. – pp. 78–95.
12. Kelley J. E. Critical-path planning and scheduling / J. E. Kelley, M. R. Walker // Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference. – 1959. – pp. 160–173.
13. Charnes A. Critical path analyses via chance constrained and stochastic programming / A. Charnes, W. W. Cooper, G. L. Thompson // Operations Research. – 1964. – Vol. 12, No. 3. – pp. 460–470.
14. Sculli D. The completion time of PERT networks / D. Sculli // Journal of the Operational Research Society. – 1983. – Vol. 34, No. 5. – pp. 409–416.
15. Kachalov R. M. Economic Risk Management: Theoretical Foundations and Applications / R. M. Kachalov. – Moscow; Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 2012. – 388 p.
16. Kachalov R. M. Developing an Enterprise Strategy Based on the Assessment of Economic Risk Factors / R. M. Kachalov, V. N. Moroz // Economic Science of Modern Russia. – 2025. – Vol. 28, No. 4. – pp. 77–88.
17. Kleiner G. B. Systems Economics as a Platform for the Development of Modern Economic Theory / G. B. Kleiner // Voprosy Ekonomiki. – 2013. – No. 6. – pp. 4–28.

Инструменты снижения рисков ценового прогнозирования в стратегическом планировании нефтегазовых компаний

Кох Лариса Вячеславовна
доктор экономических наук, профессор, кафедра международных экономических отношений, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, lkokh@mail.ru,

Матюшин Даниил Викторович
аспирант, кафедра международных экономических отношений, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, dvmatyushin@gmail.com

В статье рассматриваются управленческие инструменты, позволяющие нефтегазовым компаниям снижать уязвимость стратегических решений, связанную с ошибками в прогнозировании цен на нефть. В отличие от природы и измерения самой прогнозной ошибки, в центре внимания находится вопрос о том, каким образом компания может выстроить систему защиты от последствий такой ошибки независимо от ее источника. Рассмотрены четыре взаимодополняющих механизма: сценарное планирование и стресс-тестирование инвестиционных решений, архитектура заемного финансирования на основе оценки запасов с периодическим пересмотром лимита кредитования, применение статистических моделей оценки рыночного риска, а также практика хеджирования ценовых рисков на российском и зарубежном рынке. Продемонстрировано, что эффективность каждого инструмента ограничена определенными условиями применения, а наибольшую устойчивость обеспечивает не отдельный механизм, а их согласованное сочетание в рамках интегрированного процесса корпоративного планирования.
Ключевые слова: нефть, нефтяной рынок, стратегическое планирование, стресс-тестирование, сценарное планирование, хеджирование.

Введение

Проявление ошибок в прогнозировании цены на нефть представляет собой неотъемлемую характеристику рынка. Даже наиболее методологически проработанные модели систематически расходятся с фактической динамикой цен на горизонте нескольких лет, что подтверждается регулярным пересмотром прогнозов ведущих институциональных организаций на энергетическом рынке. Из этого следует практический вывод, который заключается в том, что устойчивость стратегии нефтегазовой компании нельзя обеспечить исключительно повышением точности прогноза. Ее следует конструировать вокруг способности компании ограничивать последствия ошибки.

Данная задача решается не одним инструментом, а сочетанием нескольких управленческих механизмов, каждый из которых защищает определенный контур деятельности компании. Сценарное планирование и стресс-тестирование ограничивают риск на уровне отдельного инвестиционного решения. Архитектура заемного финансирования, привязанная к регулярно пересматриваемой оценке запасов, ограничивает риск на уровне долговой нагрузки. Статистические модели рыночного риска количественно определяют границы возможных потерь на уровне портфеля добывающих и торговых подразделений. Хеджирование напрямую фиксирует часть будущего денежного потока независимо от фактической динамики цены.

Цель данной статьи – систематизировать перечисленные инструменты, а также показать условия их эффективного применения и ограничения, присущие каждому из них. Описанная систематизация дополняет представление о механизме влияния ценовой ошибки на инвестиционные решения компании содержательным описанием управленческого ответа на этот риск.

Сценарное планирование и стресс-тестирование

Сценарный анализ представляет собой метод оценки проекта, при котором формируется несколько целостных вариантов развития событий, не противоречащих друг другу. Каждый сценарий объединяет в себе взаимосвязанную систему технических, экономических, коммерческих и организационных параметров, что отличает его от простого перебора отдельных переменных. Стандартная практика предполагает построение базового сценария, отражающего наиболее вероятное развитие проекта, а также оптимистичного и пессимистичного вариантов, характеризующих благоприятное или неблагоприятное сочетание рыночных и производственных факторов [17]. При этом, для крупных или стратегически значимых проектов количество сценариев может быть увеличено за счет отдельного моделирования ускоренного или поэтапного графика строительства, задержки ввода инфраструктуры или ограничения доступа к отдельным технологиям.

Построение сценариев на практике начинается с формирования базовой модели проекта и последующего анализа чувствительности, который позволяет выявить переменные, оказывающие наибольшее влияние на итоговый результат. Необходимо отметить, что именно эти критические факторы затем используются для формирования согласованных, содержательно обоснованных сценариев, после чего проводится непосредственно процедура стресс-тестирования [17]. В отличие от обычного сценария, стресс-тест рассматривает редкий и потенциально катастрофический вариант развития событий для конкретного инвестиционного проекта, а не наиболее вероятный. Он может включать длительное падение цены реализации, одновременный рост стоимости оборудования и заемного финансирования, задержку ввода объекта на год и более, а также низкие показатели проектной производительности или ограничение экспортных маршрутов [17]. Задача такого теста состоит в том, чтобы определить предел устойчивости проекта, тот уровень отклонения ключевых параметров, после которого проект перестает быть жизнеспособным без дополнительного финансирования или проведения реструктуризации.

По результатам стресс-теста компания определяет, располагает ли проект достаточным резервом ликвидности, способен ли он выполнять обязательства перед кредиторами в условиях реализации негативного сценария и какие статьи расходов допускается сократить без критического влияния на безопасность и производственную программу [17]. Более широкий взгляд на эту практику предлагает методология интегрированного бизнес-планирования, применяемая в нефтегазовом секторе. В данном варианте стресс-тестирование выстраивается как трехуровневая архитектура, включающая дизайн сценариев, вычислительную обработку и управление результатами, причем драйверы риска заранее разделяются на макроэкономические и отраслевые, а горизонты анализа охватывают краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу [9]. Ключевым элементом такой архитектуры является заблаговременное определение пороговых значений триггеров, при достижении которых компания переходит от одного сценария действий к другому, что позволяет не задерживать управленческую реакцию на изменение рыночных условий [9].

Ретроспективный анализ применения подобного подхода на практике связан с опытом компании Shell, которая еще в начале 1970-х годов подготовила два равноправных, детально проработанных сценария развития нефтяного рынка

вместо единственного прогноза стабильных цен, и заранее описала, какие стратегические решения останутся оправданными в каждом из них.

С точки зрения стратегического планирования, ценность описанного подхода состоит не в повышении точности отдельного прогноза, а в снижении чувствительности всей стратегии к ошибке прогнозирования как таковой, то есть компания, заранее продумавшая свои действия при разных вариантах развития рыночной конъюнктуры, реагирует на неожиданное изменение цены значительно быстрее и с меньшими потерями.

Заемное финансирование, привязанное к оценке запасов

Отдельный контур защиты от последствий ценовой ошибки связан с общей структурой заемного капитала компании. В международной практике, в особенности среди независимых производителей Северной Америки, широко распространена модель кредитования, привязанная к стоимости доказанных запасов или кредитование на основе запасов. В рамках данной модели максимальный доступный компании объем заимствования (лимит кредитования), определяется не общей кредитоспособностью заемщика, а дисконтированной стоимостью его доказанных запасов, рассчитанной по консервативному ценовому прогнозу, который устанавливает сам кредитор [14].

Важно подчеркнуть, что ценовой прогноз, используемый банком для расчета стоимости запасов, как правило, устанавливается ниже рыночной форвардной кривой на несколько долларов за баррель, создавая тем самым запас прочности против дальнейшего падения цен [13]. При этом, различные категории запасов получают дифференцированные ставки авансирования при включении в расчет лимита кредитования. Например, для доказанных разрабатываемых запасов с подтвержденной историей добычи, ставка может достигать 95-99% от их расчетной стоимости, тогда как для неразработанных доказанных запасов, требующих дополнительных капитальных затрат на освоение, он снижается до 20-40% [13]. Представленная система градации коэффициентов отражает разную степень уверенности кредитора в будущей реализации соответствующих запасов, а также ограничивает влияние наиболее уязвимых, еще не введенных в разработку активов на общий объем доступного компании финансирования.

Таблица 1

Зависимость ставки авансирования от категории запасов

Категория запасов	Типичная ставка авансирования	Обоснование
PDP (доказанная разработка с добычей)	60–70 % от PV-10	Наименьший риск: скважины добывают с известными профилями снижения добычи
PDNP (доказанная разработка без добычи)	40–60 % от PV-10	Средний риск: скважины существуют, но требуют заканчивания или реактивации
PUD (доказанная неразработанность)	20–40 % от PV-10	Наибольший риск: требует полного капиталовложения в бурение и заканчивание
Вероятная / возможная	0 % (как правило, исключается)	Слишком неопределенно для целей кредитования

Источник: IB Interview Questions [13]

Ключевым элементом описанной архитектуры является процедура периодического пересмотра лимита кредитования, которая обычно происходит два раза в год, весной и осенью. Она учитывает как изменение фактических цен на нефть, так и истощение существующих запасов, а также приобретение новых активов [11, 14]. Данная процедура выступает основным механизмом имплементации ценовой ошибки в реальное сокращение доступного компании финансирования. То есть, если фактическая цена нефти оказывается существенно ниже той, что была заложена в предыдущий расчет лимита, очередной пересмотр приводит к сокращению доступного объема заимствования. При этом, если объем уже привлеченных компанией средств превышает обновленный, сниженный лимит, образуется дефицит лимита кредитования, требующий от заемщика либо немедленного частичного погашения задолженности, либо предоставления дополнительного обеспечения активами [11].

Представленная особенность архитектуры заемного финансирования во многом объясняет, почему длительный период низких цен 2015-2016 годов обернулся не просто снижением прибыли коммерческих нефтегазовых компаний, а привел к масштабной волне сокращений доступного финансирования и последующей реструктуризации задолженности для значительной части независимых производителей. Падение цен транслировалось в сокращение расчетной стоимости запасов, что при очередном пересмотре автоматически уменьшало доступный объем заемных средств, независимо от их операционных показателей [15].

В качестве дополнительного фактора, который может усугубить положение компании выступают ковенанты кредитных соглашений. Как правило, ограничение отношения долга к показателю прибыли до вычета процентов, налогов и амортизации закладывается на уровне не выше четырех. При этом, нарушение описанных ковенант дает кредиторам право требовать досрочного погашения задолженности [15].

Таким образом, получается, что компания, оценивающая устойчивость своей долговой нагрузки, должна анализировать не только базовый прогноз цены, но и то, как изменится ее кредитный лимит при пересмотре, в случае реализации стрессового сценария, поскольку данная процедура, чаще всего становится причиной дефицита ликвидности у конкретной компании.

Статистические модели оценки рыночного риска

Еще один инструмент снижения уязвимости связан с количественной оценкой границ возможных потерь от изменения цены на нефть с помощью статистических моделей рыночного риска. Наиболее распространенной методологией такого рода является показатель максимально возможных потерь портфеля при заданном уровне доверительной вероятности на определенном временном горизонте, который изначально был разработан для банковского сектора и впоследствии адаптирован для оценки товарных рынков, включая рынок нефти [16]. Формально этот показатель определяется как максимальный размер потерь, который с заданной вероятностью, как правило, 95% или 99% процентов не будет превышен в течение установленного периода при нормальных условиях функционирования рынка [4].

С точки зрения практического применения для предприятий нефтегазовой отрасли, данные модели переводят качественное представление о ценовом риске в единую количественную величину, выраженную в денежном эквиваленте, что позволяет сопоставить риск разных активов и торговых позиций между собой и установить формальные лимиты риск-аппетита для торговых и финансовых подразделений [5]. На практике применяются следующие методы расчета данного показателя: метод исторического моделирования, основанный на фактическом распределении прошлых изменений цены, дисперсионно-ковариационный метод, предполагающий определенную форму распределения доходности, и метод статистического моделирования Монте-Карло [6].

Тем не менее, несмотря на все положительные стороны данного инструмента, он обладает определенным методологическим ограничением, которое заключается в том, что инструмент не предназначен для оценки редких рыночных изменений, к которым относятся структурные ценовые шоки, представляющие наибольшую угрозу для стратегических решений компании. Модель оценивает типичные потери при нормальном функционировании рынка и систематически недооценивает риск в периоды структурных шоков, подобных тем, что наблюдались в 2014-2016 и 2020 годах. По этой причине данный инструмент следует рассматривать лишь как дополнение к сценарному стресс-тестированию. Один инструмент будет обеспечивать регулярный, количественно точный контроль риска в обычных рыночных условиях, тогда как второй позволит оценивать устойчивость к событиям, которые статистическая модель риска в принципе не способна предсказать.

Хеджирование ценовых рисков

Наиболее прямым способом снизить влияние ценовой ошибки на денежный поток компании остается хеджирование, то есть фиксация цены реализации части будущей добычи с помощью производных финансовых инструментов. Зарубежная практика применения данного инструмента достаточно обширна. Например, компания «Pioneer Natural Resources» в 2016 году застраховала около 85% добычи, что хоть и не полностью, но смягчило урон от значительного падения цен на нефть.

В свою очередь, российская практика применения такого инструмента демонстрирует неоднородные результаты. Например, компания «РуссНефть» осенью 2017 года заключила сделки по хеджированию цен на нефть марки Brent с использованием пут- и колл-опционов, стремясь защититься от падения цены ниже определенного порога, однако, в условиях последующего роста цен, эти сделки принесли компании убытки по обязательствам колл-опциона [3]. Описанный пример демонстрирует важную методическую особенность хеджирования, заключающуюся в том, что инструмент, ограничивающий потери при неблагоприятном сценарии, одновременно ограничивает и выигрыш при благоприятном развитии событий, что делает решение о хеджировании управленческим компромиссом, а не безусловно выгодной стратегией.

Необходимо отметить, что академические исследования международного нефтяного рынка подтверждают, что эффективность хедж-стратегии напрямую зависит от выбора модели, используемой для расчета оптимального коэффициента хеджирования. Сравнительный анализ нескольких многомерных моделей волатильности для спот- и фьючерсного рынков нефти сортов Brent и WTI демонстрирует, что модели, учитывающие динамическую корреляцию между спотовой и фьючерсной ценой, обеспечивают более эффективное снижение риска портфеля по сравнению с более простыми статическими подходами к расчету коэффициента хеджирования [7].

На уровне государственной политики идея хеджирования ценовых рисков тоже находит применение. В частности, в Мексике программа хеджирования на базе пут-опционов существует уже 30 лет. Впервые она была применена для защиты нефтяных доходов страны в 1991 году, во время первой войны в Персидском заливе, однако, впоследствии была свернута и в течение 10 лет не использовалась, после чего вновь возобновилась. С начала 2000-х годов программы хеджирования реализовывались каждый год, за исключением 2003 и 2004 годов, когда цены на нефть росли и не нуждались в дополнительной защите [2].

В период 2001-2008 годов система хеджирования нефтяных цен не приносила поступлений в мексиканский бюджет, так как реальные цены на нефть

оказывались выше значений, указанных в договорах хеджирования. Тем не менее, преимущества данной системы стали очевидны в 2009 году, после резкого падения мировых нефтяных котировок. Благодаря тому, что цены были захеджированы на уровне 70 долл./барр., были обеспечены значительные поступления в бюджет страны. Однако, самыми плодотворными для бюджета оказались 2015-2016 годы, когда бюджет получил более 5,5 млрд долларов за счет данного инструмента. При этом затраты на хеджирование относительно невелики, обычно они не превышают 0,1% от ВВП в год или около 1 млрд долларов в год [2].

Таблица 2
Баланс операций хеджирования нефтяных цен в Мексике в 2001-2016 годах

Год	Объем хеджирования, млн барр	Цена хеджирования, долл./барр.	Стоимость хеджирования, млн мекс. песо	Поступления от хеджирования		
				Поступления за год	Баланс за год	Накопленный результат
2001	200,0	20,5	2 020,6	0,0	-2 020,6	-2 020,6
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2 020,6
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2 020,6
2004	н/д	н/д	6 649,0	0,0	-6 649,0	-8 669,6
2005	н/д	н/д	7 373,0	0,0	-7 373,0	-16 042,6
2006	454,4	н/д	5 692,0	0,0	-5 692,0	-21 734,6
2007	н/д	н/д	7 122,0	0,0	-7 122,0	-28 856,6
2008	435,0	46,8	15 497,0	0,0	-15 497,0	-44 353,6
2009	330,0	70,0	15 561,0	64 353,1	48 792,1	4 438,5
2010	230,0	57,0	10 294,0	0,0	-10 294,0	-5 855,5
2011	222,0	63,0	14 421,0	0,0	-14 421,0	-20 276,5
2012	211,0	85,0	11 729,0	0,0	-11 729,0	-32 005,5
2013	217,0	86,0	4 988,0	0,0	-4 988,0	-36 993,5
2014	215,0	81,0	12 686,0	0,0	-12 686,0	-49 679,5
2015	228,0	79,0	17 503,0	107 512,4	90 009,4	40 329,9
2016	212,0	49,0	19 016,0	53 738,0	34 722,0	75 051,9
Итого			**156 783,6**	**225 603,5**	**75 051,9**	**75 051,9**

Источник: Centro de Estudios de las Finanzas Publicas [10]

Аналогичный механизм хеджирования обсуждался и в России, применительно к нефтегазовым доходам бюджета. Предложение содержало формирование механизма по аналогии с применяемым в Мексике и предполагало покупку пут-опционов за счет средств Фонда национального благосостояния для защиты от резкого падения цен на мировых рынках [1]. Согласно расчетам бывшего министра экономического развития Максима Орешкина, потенциальный выигрыш от применения инструмента хеджирования по мексиканской схеме в 2020 году мог превысить 2 трлн рублей. Тем не менее, Центральный Банк и Министерство Финансов высказались против внедрения данного механизма, в результате чего он так и не был запущен.

Дополнительно стоит отметить, что комплексные модели управления ценовым риском в нефтегазовых компаниях представляют из себя более продвинутые инструменты, нежели простое хеджирование отдельных позиций. Они включают оптимизацию портфеля производных инструментов одновременно по нескольким бизнес-подразделениям (добыче, переработке и торговле), с учетом заданного компанией уровня толерантности к риску [12]. Такой интегрированный подход позволяет учитывать естественную корреляцию между результатами различных подразделений компании и избегать избыточного хеджирования там, где риски одного направления бизнеса частично компенсируются противоположной динамикой другого.

Выводы

В ходе проведенного исследования были систематизированы основные управленческие инструменты, позволяющие нефтегазовым компаниям снижать уязвимость стратегических решений к ошибкам ценового прогнозирования, а также продемонстрировано, каким образом каждый из этих инструментов защищает определенный контур деятельности компании. Опираясь на полученные результаты, следует сделать следующие выводы:

– Устойчивость стратегического планирования нефтегазовой компании не может быть обеспечена повышением точности прогноза как такового, поскольку систематическое расхождение прогнозных и фактических цен на нефть представляет собой неотъемлемую характеристику рынка. В этих условиях управленческие решения должны строиться на ограничении ее последствий на разных уровнях принятия решений;

– Защита от ценовой ошибки требует разноуровневого подхода. Сценарное планирование и стресс-тестирование ограничивают риск на этапе принятия решения по отдельному инвестиционному проекту, архитектура заемного финансирования на основе оценки запасов определяет скорость и масштаб трансляции ценового шока в сокращение доступного компании капитала, а статистические модели рыночного риска количественно ограничивают потери в текущей операционной деятельности;

– Особое значение для понимания механизма распространения ценовой ошибки имеет процедура периодического пересмотра лимита кредитования при использовании кредитования на основе подтвержденных запасов, так как падение цены транслируется в сокращение расчетной стоимости запасов и, соответственно, доступного объема заимствования, что подтверждается опытом волны реструктуризаций независимых производителей в период 2015-2016 годов;

– Хеджирование ценовых рисков на примере как зарубежных программ, так и российской корпоративной практики демонстрирует, что фиксация цены реализации способна компенсировать издержки в периоды стабильной конъюнктуры за счет существенного смягчения потерь в кризисные периоды, хотя, и ограничивает потенциальный выигрыш при благоприятном развитии цен;

– Ни один из рассмотренных инструментов не обеспечивает полной защиты компании от последствий ошибочного прогноза при обособленном использовании, поскольку каждый из них имеет собственные методологические и практические ограничения. Устойчивость стратегического планирования нефтегазовой отрасли достигается исключительно за счет согласованного применения сценарного анализа, архитектуры заемного финансирования, статистических моделей риска и инструментов хеджирования в рамках единого интегрированного процесса управления рисками, что все более отчетливо отражается в современной корпоративной и научной практике управления нефтегазовыми активами.

Литература

1. В РФ задумались о хеджировании нефтегазовых доходов путем покупки пут-опционов на деньги ФНБ // Интерфакс URL: https://www.interfax.ru/business/718517 (дата обращения: 07.09.2026).
2. Иванов Н.А., ред. Биржевая торговля энергоресурсами: истоки и развитие. - М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2022. - 365 с.
3. «РуссНефть» захеджировала риски снижения цен на нефть // РБК. URL: https://www.interfax.ru/business/718517 (дата обращения: 07.09.2026).
4. Applying Value at Risk (VaR) Analysis to Brent Blend Oil Prices // DiVA Portal. URL: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:451599/FULLTEXT01.pdf (дата обращения: 07.09.2026).
5. Asche F., Dahl R., Oglend A. Risk Assessment for the Portfolio of Oil and Gas Producers // UiS Working Papers in Economics and Finance. - 2013. - №3.
6. Cabedo J.D., Moya I. Estimating oil price 'Value at Risk' using the historical simulation approach // Energy Economics. - 2003. - №25(3). - С. 239-253.
7. Chang C-L., McAleer M., Tansuchat R. Crude oil hedging strategies using dynamic multivariate GARCH // Energy Economics. - 2011. - №33(5). - С. 912-923.
8. From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies // McKinsey & Company. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies (дата обращения: 07.09.2026).
9. Lei G., Hagspiel V., Stanko M. Price Stress Testing in Offshore Oil Field Development Planning // Energy. - 2023. - №263.
10. Manejo de las Coberturas Petroleras en Mexico: Nota Informativa No. 018/2017 // Centro de Estudios de las Finanzas Publicas URL: https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2017/notacefp0182017.pdf (дата обращения: 07.09.2026).
11. Oil and Gas Companies Brace for Fall Redeterminations // Skadden, Arps, Slate, Meagher & Flom LLP. URL: https://www.skadden.com/-/media/files/publications/2015/10/oilandgascompaniesbraceforfallredeterminations.pdf (дата обращения: 07.09.2026).
12. Quintino A., Lourenco J. C., Catalao-Lopes M. An Integrated Risk Management Model for an Oil and Gas Company // International Journal of Economics and Statistics. - 2022. - №10. - С. 80-87.
13. Reserve-Based Lending: How It Works // IB Interview Questions. URL: https://ibinterviewquestions.com/guides/energy-investment-banking/reserve-based-lending-mechanics (дата обращения: 07.09.2026).
14. Reserve Base Lending and the Outlook for Shale Oil and Gas Finance // Center on Global Energy Policy, Columbia University SIPA. URL: https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/reserve-base-lending-and-the-outlook-for-shale-oil-and-gas-finance/ (дата обращения: 07.09.2026).
15. Reserve Base Lending and the Outlook for Shale Oil and Gas Finance: Full Report // Center on Global Energy Policy, Columbia University SIPA, URL: https://www.energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/CGEPReserveBaseLendingAndTheOutlookForShaleOilAndGasFinance.pdf (дата обращения: 07.09.2026).
16. Sadeghi M., Shavvalpour S. Energy risk management and value at risk modeling // Energy Policy. - 2006. - №34(18). - С. 3367-3373.
17. Scenario Applications: Stress Testing Companies in the Energy Value Chain // Cambridge Centre for Risk Studies URL: https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2021/11/crs-scenario-applications-stress-testing-companies-in-the-energy-value-chain.pdf (дата обращения: 07.09.2026).

Tools for Mitigating Price Forecasting Risks in the Strategic Planning of Oil and Gas Companies

Kokh L.V., Matyushin D.V.
State Marine Technical University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines management tools that enable oil and gas companies to reduce the vulnerability of strategic decisions to errors in oil price forecasting. Rather than focusing on the nature or measurement of the forecast error itself, the analysis centers on how a company can build a system to safeguard against the consequences of such errors, regardless of their source. Four

complementary mechanisms are discussed: scenario planning and stress testing of investment decisions; debt financing structures based on reserve valuations with periodic credit limit reviews; the use of statistical models to assess market risk; and price risk hedging practices in both domestic and international markets. The study demonstrates that the effectiveness of each tool is contingent upon specific conditions of application, and that maximum resilience is achieved not by any single mechanism, but by a coordinated combination of them within an integrated corporate planning process.
Keywords: oil, oil market, strategic planning, stress testing, scenario planning, hedging.

References

1. Russia considers hedging oil and gas revenues by purchasing put options using National Wealth Fund assets // Interfax. URL: https://www.interfax.ru/business/718517 (accessed: 07.09.2026).
2. Ivanov N.A., ed. Exchange Trading of Energy Resources: Origins and Development. – Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), 2022. – 365 p.
3. RussNeft hedges against oil price decline risks // RBC. URL: https://www.interfax.ru/business/718517 (accessed: 07.09.2026).
4. Applying Value at Risk (VaR) Analysis to Brent Blend Oil Prices // DiVA Portal. URL: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:451599/FULLTEXT01.pdf (accessed: 07.09.2026).
5. Asche F., Dahl R., Oglend A. Risk Assessment for the Portfolio of Oil and Gas Producers // UiS Working Papers in Economics and Finance. - 2013. - №3.
6. Cabedo J.D., Moya I. Estimating oil price 'Value at Risk' using the historical simulation approach // Energy Economics. - 2003. - №25(3). - p. 239-253.
7. Chang C-L., McAleer M., Tansuchat R. Crude oil hedging strategies using dynamic multivariate GARCH // Energy Economics. - 2011. - №33(5). - p. 912-923.
8. From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies // McKinsey & Company. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies (accessed: 07.09.2026).
9. Lei G., Hagspiel V., Stanko M. Price Stress Testing in Offshore Oil Field Development Planning // Energy. - 2023. - №263.
10. Manejo de las Coberturas Petroleras en Mexico: Nota Informativa No. 018/2017 // Centro de Estudios de las Finanzas Publicas URL: https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2017/notacefp0182017.pdf (accessed: 07.09.2026).
11. Oil and Gas Companies Brace for Fall Redeterminations // Skadden, Arps, Slate, Meagher & Flom LLP. URL: https://www.skadden.com/-/media/files/publications/2015/10/oilandgascompaniesbraceforfallredeterminations.pdf (accessed: 07.09.2026).
12. Quintino A., Lourenco J. C., Catalao-Lopes M. An Integrated Risk Management Model for an Oil and Gas Company // International Journal of Economics and Statistics. - 2022. - №10. - p. 80-87.
13. Reserve-Based Lending: How It Works // IB Interview Questions. URL: https://ibinterviewquestions.com/guides/energy-investment-banking/reserve-based-lending-mechanics (accessed: 07.09.2026).
14. Reserve Base Lending and the Outlook for Shale Oil and Gas Finance // Center on Global Energy Policy, Columbia University SIPA. URL: https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/reserve-base-lending-and-the-outlook-for-shale-oil-and-gas-finance/ (accessed: 07.09.2026).
15. Reserve Base Lending and the Outlook for Shale Oil and Gas Finance: Full Report // Center on Global Energy Policy, Columbia University SIPA, URL: https://www.energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/CGEPReserveBaseLendingAndTheOutlookForShaleOilAndGasFinance.pdf (accessed: 07.09.2026).
16. Sadeghi M., Shavvalpour S. Energy risk management and value at risk modeling // Energy Policy. - 2006. - №34(18). - p. 3367-3373.
17. Scenario Applications: Stress Testing Companies in the Energy Value Chain // Cambridge Centre for Risk Studies URL: https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2021/11/crs-scenario-applications-stress-testing-companies-in-the-energy-value-chain.pdf (accessed: 07.09.2026).

Влияние организации управленческого труда на использование рабочего времени и организационные потери на высокотехнологичных предприятиях

Краев Михаил Юрьевич
соискатель, ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России, kraev_m@mail.ru

В статье рассматривается влияние организации управленческого труда на эффективность использования рабочего времени и уровень организационных потерь на высокотехнологичных предприятиях. Проанализированы основные виды потерь рабочего времени руководителей: несогласованность решений, повторные согласования, дублирование функций, неясность ответственности и избыточные совещания. Установлено, что значительная часть этих потерь обусловлена несовершенством управленческих практик и коммуникаций, а не технологическими ограничениями. Определены факторы, поддающиеся коррекции посредством развития управленческих компетенций, включая коучинг, тайм-менеджмент и делегирование полномочий. Сделан вывод о необходимости системного подхода к совершенствованию организации управленческого труда, сочетающего цифровые инструменты контроля и развитие «мягких» навыков руководителей. Материалы исследования могут быть использованы при разработке корпоративных программ повышения производительности труда и оптимизации управленческих процессов.

Ключевые слова: управленческий труд, рабочее время, организационные потери, высокотехнологичные предприятия, коучинг, тайм-менеджмент, делегирование, эффективность управления, коммуникации, производительность труда.

Введение

В современных условиях развитие экономики идет по пути перехода на новые формы производства – основным фактором производства является уже не материальный ресурс, а умение фирмы организовать сложные технологические и информационные процессы. В связи с чем актуальна проблема управления – ведь от того, насколько эффективно будет проведена работа руководителем, напрямую зависит эффективность работы всего предприятия в целом и его дальнейшее выживание на рынке [6, с. 87]. Предприятия с высокими технологиями характеризуются сложностью производства и требуют оперативного реагирования на внешние изменения; такие условия диктуют особые потребности в организации трудовой деятельности управленческих кадров.

Организация управленческого труда (далее – ОУТ) – это комплекс мер по эффективному применению времени руководителей; организации их работы и уменьшения потерь. В отличие от многих видов операционного труда, результат управленческой деятельности сложнее непосредственно нормировать и соотнести с затратами рабочего времени, поскольку он формируется в процессе обработки информации, принятия решений, координации и взаимодействия с другими работниками. Это затрудняет идентификацию непроизводительных затрат времени и оценку их влияния на конечные результаты труда [4, с. 75]. Вследствие чего возникает объективная невозможность определения результативности и потерь.

Актуальность проблемы состоит в том, что для предприятий с технологическими процессами строго регламентированными, требующими высокой степени точности при производстве продукции любые нарушения в работе системы управления влекут за собой цепную реакцию роста затрат. При всем развитии технических решений по автоматизации процессов, а также их цифровому развитию большая доля трудозатрат менеджеров тратится впустую. В работах по проблемам увеличения эффективности использования времени труда указывается, что убытки могут быть значительными, что существенно отражается на уровне производительности труда [5, с.141].

Цель исследования – изучение влияния организации управленческого труда на расход рабочего времени и появления организационных потерь при производстве продукции на предприятия с высокой технологической сложностью.

Материалы и методы исследования

Методология исследования включала в себя методы общего характера: анализ и синтез, системный метод, обобщение материалов теории и практики (теоретических и практических данных) из литературы по менеджменту, экономике труда, психологии управления.

Теоретическая основой послужили труды российских и зарубежных ученых по проблемам нормирования труда, организации рабочего времени; тайм-менеджменту, управлению человеческими ресурсами. Приводятся сведения о составе рабочего времени руководителя, способах определения состава рабочего времени, которые содержатся в работах М. Ю. Калашникова [4], а также способы оценки эффективности организации личного труда менеджера [3, с. 194].

По вопросам организации потерь использованы представления о балансе рабочего времени, а также факторы, препятствующие работе руководителя по материалам Р. И. Каравашкиной и соавторов [5]. Различные взгляды на оценку результативности управленческого труда представлены в работах С. В. Рачека, Я. В. Хоменко (демографические и социально – экономические проблемы) [8, с. 142].

Среди источников методологической значимости следует выделить исследования по вопросам воздействия тайм менеджмента на эффективность работы. Кроме того, не менее важными являются оценка возможностей применения управленческих технологий для минимизации убытков [9, с. 36] и информация об использовании систем автоматического контроля как средства объективного мониторинга использования рабочего времени [7, с. 330].

Для анализа макроэкономических трендов, трансформации занятости использованы работы по вопросам перехода от традиционных видов занятости на гибкую занятость [10] и вопросы социальной политики в сфере регулирования рабочего времени [11-13].

Результаты исследования

Специфика управленческого труда на предприятии с развитым технологическим процессом заключается в том, что она характеризуется информационно насыщенной работой, оперативным принятием решений и несет ответственность за итоговый продукт [6, с.88]. Изучение состава времени работы руководителя выявляет, что большая доля затрачиваемого времени приходится на операции без создания дополнительной ценности из-за недостатков организации трудового процесса.

Один из главных факторов организационных потерь является отсутствие согласованности решений и дублирование функций. При высокой степени

дифференциации производства возможно такое положение дел, что различные подразделения решают одну задачу либо дают противоречивые указания. В этом случае возникает необходимость в дополнительных согласованиях, что требует дополнительного времени и внимания руководителей и исполнителей. В работах по изучению проблем управления трудом в высокотехнологичных предприятиях указывается на то, что неорганизованность снижает восприимчивость к переменам и ведет к деградации человеческого капитала [8, с. 141].

Еще один значительный фактор потерь времени – отсутствие четкого распределения обязанностей. При отсутствии ясных границ ответственности появляются конфликты, потеря времени на согласования. Руководителю приходится тратить время на определение того, кто будет делать работу, а не на стратегическое развитие предприятия или производственный процесс. Это подтверждает выводы С. А. Белановского об одной из основных причин неэффективности работы предприятий России – несвоевременное взаимодействие между производственными подразделениями предприятия (заводскими службами), приводящее к «хроническому дезорганизации» [2, с. 164].

Еще одним фактором является организация и проведение ненужных встреч и неэффективная коммуникация. Для технологических компаний скорость реагирования на изменения критически важна (затяжные встречи и совещания без повестки/регламента блокируют работу). В работах по изучению тайм-менеджменту отмечается отсутствие акцентов на приоритетах работы как фактор стресса и общего снижения эффективности [9, с.44]. Руководителю приходится перерабатывать для того, чтобы отработать дневную смену, из-за чего появляется усталость и ошибки.

Ситуация усугубляется тем, что традиционные методы нормирования, такие как хронометраж и фотография рабочего дня, хотя и позволяют выявить потери, но не всегда дают полную картину причин их возникновения [4, с. 76]. Более того, на высокотехнологичных предприятиях, где важна интеллектуальная составляющая труда, жесткое нормирование может быть неэффективным. В связи с этим возрастает роль автоматизированных систем контроля, которые позволяют собирать объективные данные о распределении времени без постоянного присутствия наблюдателя [7, с. 331].

Однако не все факторы потерь являются одинаково управляемыми. Часть из них связана с технологическими особенностями производства или внешними ограничениями. Наибольший интерес представляют те факторы, которые поддаются изменению через развитие управленческих практик и компетенций самого руководителя.

В первую очередь, речь идет о навыках самоорганизации и управления временем. Исследования показывают, что использование техник тайм-менеджмента позволяет значительно сократить непроизводительные затраты [9, с. 42]. Развитие этих навыков возможно через коучинг и специализированное обучение. Коучинг является средством для того, чтобы руководитель мог увидеть свои «слепые зоны» в работе с людьми, а также найти новые модели поведения.

Во-вторых, развитие коммуникативной культуры, умения эффективно делегировать. Знание того как правильно формулировать задания, задавать стандарты исполнения и передавать ответственность помогает руководителю высвободить свое рабочее время на решение более важных вопросов. С учетом трансформации форм занятости и режимов труда в последние годы данные компетенции приобретают особую актуальность [10, с. 206].

Во-третьих, использование гибких форм работы; развитие цифровых компетенций. С помощью цифровизации можно оптимизировать процессы, однако для этого необходимо наличие у менеджера способности меняться и мыслить гибко. Социальные исследования о рабочем времени показывают связь между управлением организацией и способностью варьировать режимы трудовой деятельности [11, с. 35].

Особенность применения коучинга для развития управленческих практик заключается в том, что он направлен не на передачу знаний, а именно на развитие личности через ее осознание и трансформацию поведения. Коучинг дает возможность руководителю самому разработать ответы на вопросы по организации своей работы. За счет этого достигается более высокая устойчивость изменений, меньше сопротивления. Это особенно важно в контексте устойчивого управления человеческими ресурсами, где акцент делается на долгосрочное развитие и благополучие сотрудников [12, с. 101112].

Следует также учитывать, что способности руководителя к эффективной организации труда напрямую влияют на инновационную активность предприятия. Исследования показывают, что управленческие способности являются значимым фактором повышения эффективности НИОКР на высокотехнологичных предприятиях [13, с. 1177]. Таким образом, инвестиции в развитие управленческих практик, включая коучинг, являются не просто способом снижения потерь, но и стратегическим вложением в конкурентоспособность.

Для систематизации выявленных факторов и определения возможностей их коррекции, представим основные виды потерь и потенциал их снижения в таблице.

Таблица

Классификация организационных потерь рабочего времени руководителей и потенциал их коррекции

Вид организационной потери	Организационный источник (причина)	Проявление в использовании рабочего времени	Возможное направление коррекции (инструмент / организационный механизм)
Несогласованность решений	Отсутствие единой системы коммуникации, разрозненность подразделений	Повторное обсуждение уже принятых решений, конфликты указаний, «переделка» задач	Внедрение единых регламентов согласования; коучинг по командной работе
Повторные согласования	Размытость зон ответственности, бюрократизация	Многократные циклы утверждения, ожидание виз, дублирующие подписи	Делегирование полномочий; изменение организационной структуры
Дублирование функций	Нечёткое распределение обязанностей	Два и более сотрудника выполняют одну задачу, параллельная работа над одним вопросом	Коучинг по делегированию; реинжиниринг процессов
Избыточные совещания	Отсутствие тайм-менеджмента, слабая подготовка	Затяжные встречи без повестки, необоснованное участие в совещаниях	Обучение тайм-менеджменту; коучинг по планированию
Неясность ответственности	Ошибки в планировании, слабый контроль	Поиск исполнителя, уточнение «кто за что отвечает», простои в ожидании решения	Разработка KPI; коучинг по целеполаганию

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что проблема неэффективного использования рабочего времени на высокотехнологичных предприятиях лежит не только в плоскости технического оснащения, но и в сфере «мягких» навыков управления. Как показывают данные, значительная часть потерь (несогласованность, дублирование, избыточные совещания) обусловлена человеческим фактором и структурой управления [1, с. 18].

Сопоставляя это с выводами С.А. Белановского, который указывает на то, что неэффективность управления часто маскируется сверхурочной работой, можно утверждать, что без изменения самих принципов организации управленческого труда невозможно добиться устойчивого роста производительности [2, с. 170]. Традиционные методы нормирования и хронометража, безусловно, важны для диагностики, но они не решают проблему, а лишь фиксируют ее [4, с. 77].

Анализ литературы показывает, что одним из перспективных направлений является внедрение практик «бережливого управления», направленных на устранение потерь. Однако, как отмечают исследователи, попытки внедрить зарубежные системы без учета специфики менталитета и управленческой культуры часто оказываются неэффективными [5, с. 54].

В этой связи возрастает значение инструментов развития управленческих компетенций, непосредственно влияющих на организацию управленческого труда. Развитие рефлексивных навыков у руководителей позволяет им не только лучше планировать время, но и корректировать свое поведение в команде, снижая количество конфликтов и дублирования функций. Важно отметить, что коучинг должен быть интегрирован в общую систему корпоративного обучения, а не выступать разовым мероприятием.

Обсуждение также затрагивает вопрос оценки эффективности управленческого труда. Существующие методики, основанные на KPI и BSC, часто не учитывают затраты времени на коммуникацию и согласование, которые на высокотехнологичных предприятиях могут быть колоссальными [3, с. 195]. Требуется разработка более тонких инструментов оценки, учитывающих не только результат, но и процесс. Это согласуется с выводами о необходимости персонализированного подхода к организации труда, учитывающего индивидуальные предпочтения сотрудников [10, с. 210].

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Организация управленческого труда на высокотехнологичных предприятиях связана с эффективностью использования рабочего времени и уровнем организационных потерь. Основными источниками потерь являются несогласованность решений, дублирование функций, размытость ответственности и неэффективные коммуникации.

Установлено, что значительная часть этих факторов имеет управляемую природу и может быть скорректирована за счет развития управленческих компетенций. Применение методов коучинга, направленных на развитие навыков самоорганизации, делегирования и коммуникации, является перспективным инструментом снижения непроизводительных затрат времени руководителей.

Для повышения эффективности работы высокотехнологичных предприятий необходима системная работа по совершенствованию управленческих практик, включающая не только внедрение цифровых инструментов и регламентов, но и развитие «мягких» навыков руководителей. Это позволит не только сократить потери рабочего времени, но и повысить качество принимаемых решений, что в конечном итоге отразится на конкурентоспособности предприятия в целом.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на разработку конкретных методик коучинга для управленческого персонала с учетом отраслевой специфики и оценку их влияния на показатели производительности труда.

Литература

1. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Бобровникова М.А., Чунихина Е.А. Повышение эффективности производства за счет учета внутрисменных простоев // Проектное управление в строительстве. – 2025. – № 1 (32). – С. 6-22.
2. Белановский С.А. Об организационных возможностях повышения производительности труда (по результатам включенного наблюдения) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2024. – Т. 17 .– № 4. – С. 161-176. DOI: 10.15838/esc.2024.4.94.9
3. Демьянов С.П. К вопросу об оценке эффективности организации личного труда менеджеров на предприятии // Дискуссия. – 2024. – № 9 (130). – С. 193-198. DOI 10.46320/2077-7639-2024-9-130-193-198
4. Калашников М.Ю. Затраты рабочего времени всегда в фокусе внимания // Экономика железных дорог. – 2023. – № 6. – С. 74-80.
5. Каравашкина Р.И., Гуро-Фролова Ю.Р., Федотова Е.М. Факторы повышения эффективности использования рабочего времени работников умственного труда на водном транспорте// Научные проблемы водного транспорта. 2024. № 78. С. 141-147. DOI: 10.37890/jwt.vi78.459
6. Лехтянская Л. В. Роль управленческого труда в развитии организации //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – №. 6. – С. 87-91.
7. Панова Е.А. Подходы к организации автоматизированной системы контроля рабочих процессов предприятия // Вестник ГГУ. – 2024. – № 3. – С. 329-335.
8. Смирнов А.Б., Османов М.Х., Паршина Т.В. Влияние тайм-менеджмента на продуктивность работы сотрудников организации и ее эффективность // Первый экономический журнал. – 2023. – № 8 (338). – С. 35-48. DOI 10.58551/20728115_2023_8_35
9. Чаплашкин Н.В. От классической пятидневки к гибкой занятости: оптимизация режима работы с учетом предпочтений сотрудников // Финансы и управление. 2025. № 2. С. 204-223. DOI: 10.25136/2409-7802.2025.2.74447
10. Янкина И.А. Рабочее время и управление организацией: социологический анализ// Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2025. № 2 (46). С. 33-39.
11. Griep Y., Hansen S. D., Kraak J. M., Sherman U., Bankins S. Sustainable human resource management: The good, the bad, and making it work //Organizational Dynamics. – 2025. – Т. 54. – №. 2. – С. 101112.
12. Hao X., Wen S., Wan Q. How does managerial ability affect R&D efficiency of emerging-economy high-tech enterprises //Technology Analysis & Strategic Management. – 2025. –Vol. 37. – №. 10. – P. 1175-1189. https://doi.org/10.1080/09537325.2024.2306611

The impact of managerial work organization on working time utilization and organizational losses in high-tech enterprises

Kraev M.Yu.

Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Labor" of the Ministry of Labor of Russia

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines the impact of the organization of managerial work on the efficiency of working time utilization and the level of organizational losses in high-tech enterprises. The study analyzes key types of working time losses experienced by managers: inconsistent decision-making, redundant approval processes, duplication of functions, unclear lines of responsibility, and excessive meetings. It is established that a significant portion of these losses stems from flaws in managerial practices and communication rather than from technological constraints. Factors amenable to improvement through the development of managerial competencies – such as coaching, time management, and delegation – are identified. The study concludes that a systemic approach to improving the organization of managerial work is required, combining digital monitoring tools with the development of managers' «soft skills». The research findings can be utilized in the development of corporate programs aimed at boosting labor productivity and optimizing management processes.

Keywords: managerial work, working time, organizational losses, high-tech enterprises, coaching, time management, delegation, management efficiency, communication, labor productivity.

References

1. Barkalov S.A., Kurochka P.N., Bobrovnikova M.A., Chunikhina E.A. Improving production efficiency by accounting for intra-shift downtime // Project Management in Construction. – 2025. – No. 1 (32). – P. 6-22.
2. Belanovsky S.A. On organizational opportunities for increasing labor productivity (based on participant observation results) // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2024. – Vol. 17. – No. 4. – P. 161-176. DOI: 10.15838/esc.2024.4.94.9
3. Demyanov S.P. On the issue of evaluating the efficiency of organizing managers' personal work at an enterprise // Discussion. – 2024. – No. 9 (130). – P. 193-198. DOI 10.46320/2077-7639-2024-9-130-193-198
4. Kalashnikov M.Yu. Working time expenditure is always in focus // Railway Economics. – 2023. – No. 6. – P. 74-80.
5. Karavashkina R.I., Guro-Frolova Yu.R., Fedotova E.M. Factors for improving the efficiency of working time utilization by knowledge workers in water transport // Scientific Problems of Water Transport. – 2024. – No. 78. – P. 141-147. DOI: 10.37890/jwt.vi78.459
6. Lekhtyanskaya L. V. The role of managerial work in organizational development // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2022. – No. 6. – P. 87-91.
7. Panova E. A. Approaches to organizing an automated system for monitoring enterprise work processes // Bulletin of GGU. – 2024. – No. 3. – P. 329-335.
9. Smirnov A. B., Osmanov M. Kh., Parshina T. V. The impact of time management on employee productivity and organizational efficiency // First Economic Journal. – 2023. – No. 8 (338). – P. 35-48. DOI 10.58551/20728115_2023_8_35
10. Chaplashkin N. V. From the classic five-day week to flexible employment: optimizing work schedules based on employee preferences // Finance and Management. 2025. No. 2. P. 204-223. DOI: 10.25136/2409-7802.2025.2.74447
11. Yankina I. A. Working time and organizational management: a sociological analysis // Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics. 2025. No. 2 (46). P. 33-39. 12. Griep Y., Hansen S. D., Kraak J. M., Sherman U., Bankins S. Sustainable human resource management: The good, the bad, and making it work //Organizational Dynamics. – 2025. – T. 54. – No. 2. – P. 101112.
13. Hao X., Wen S., Wan Q. How does managerial ability affect R&D efficiency of emerging-economy high-tech enterprises // Technology Analysis & Strategic Management. – 2025. –Vol. 37. – no. 10. – P. 1175-1189. https://doi.org/10.1080/09537325.2024.2306611

Влияние сервитизации на устойчивость промышленных предприятий в условиях санкционного режима

Кузьмина Ольга Алексеевна
аспирант, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, kuzminaolga-555@mail.ru

В данной статье исследуется влияние сервитизации на устойчивость промышленных предприятий с учетом действующего санкционного режима. В исследовании устойчивость рассматривается как трёхкомпонентная структура, включающая финансовую устойчивость, устойчивость цепей поставок и рыночную устойчивость. Утверждается, что сервитизация выступает в качестве системного механизма, способного положительно влиять на все три компонента. Диверсифицируя источники дохода за счёт долгосрочных контрактов на оказание услуг, предприятия снижают свою зависимость от цикличности продаж оборудования. В статье рассматривается, как развитие внутренних компетенций в сфере оказания услуг и локализация производства запасных частей снижают риски, связанные с разрывом связей с зарубежными поставщиками и ограничениями на импорт. Кроме того, интеграция цифровых технологий, в том числе интернета вещей (IoT), предиктивной аналитики и цифровых двойников, способствует переходу от реактивного к предиктивному техническому обслуживанию, тем самым повышая стабильность работы. Комплексная стратегия сервитизации работает только тогда, когда подкреплена организационными, технологическими и финансовыми решениями. Именно это обеспечивает промышленным предприятиям устойчивость и конкурентоспособность во время внешних потрясений.

Ключевые слова: сервитизация, устойчивость промышленного предприятия, экономические санкции, цифровая трансформация, сервисные бизнес-модели, контракты жизненного цикла, импортозамещение, предиктивная аналитика, организационная устойчивость.

В широком смысле устойчивость промышленного предприятия означает способность сохранять ключевые функции, восстанавливать финансовые и операционные показатели при резком ухудшении внешней среды и обеспечивать долгосрочное развитие в условиях неопределённости.

Вопросы устойчивости промышленных предприятий освещены в работах Е. А. Шалимова и М. В. Власова, А. Н. Ряховской и О. В. Кожевиной, Е. И. Гнатышиной. Сервитизация, трактуемая как смена ориентации с продажи продукта на продажу услуги и результата, концептуализирована в классических трудах Р. Олива и Р. Калленберг, Т. С. Бейнс и Х. У. Лайтфут. Прикладные вопросы сервисной трансформации получили развитие в диссертационном исследовании С. В. Двоянова. При этом в имеющейся литературе нет комплексного анализа того, как сервитизация одновременно влияет на финансовую, цепочную и рыночную устойчивость в условиях санкционного режима.

Российская академическая традиция рассматривает устойчивость как комплексное свойство, охватывающее несколько составляющих. Финансовая устойчивость выражается в способности обеспечивать операционную, инвестиционную и финансовую деятельность за счёт оптимального баланса структуры активов и капитала. Предприятие сохраняет платёжеспособность и кредитоспособность при возможных изменениях внешних экономических факторов. Устойчивость цепей поставок – это способность цепочки поставок противостоять непредвиденным нарушениям, адаптироваться к ним и быстро восстанавливать операции после сбоев. Рыночная (организационно-адаптивная) устойчивость отражает способность предприятия сохранять спрос и лояльность клиентов, а также адаптироваться к структурным трансформациям в экономике (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Компоненты устойчивости промышленного предприятия
Источник: Составлено автором на основании

Целью настоящего исследования является анализ влияния сервитизации на устойчивость промышленных предприятий в условиях санкционного режима. Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач:

Раскрыть сущность и компонентный состав устойчивости промышленного предприятия, включающей финансовую устойчивость, устойчивость цепей поставок и рыночную устойчивость.

Выявить механизмы воздействия сервитизации на каждую из выделенных составляющих устойчивости.

Разработать и обосновать типологию сервисных моделей промышленных предприятий.

Систематизировать комплекс управленческих решений по внедрению сервитизации, адаптированных к условиям санкционных ограничений.

Проанализировать практический опыт российских промышленных предприятий по реализации сервисных стратегий и оценить их влияние на операционную и финансовую стабильность.

Методологическую основу исследования образуют общенаучные методы познания, включая анализ и синтез, индукцию и дедукцию, системный и сравнительный анализ, обобщение, классификацию и типологизацию, а также кейс-метод. Информационную базу исследования составили научные публикации по проблематике устойчивости и сервитизации, нормативные правовые акты Российской Федерации о контрактах жизненного цикла, аналитические и корпоративные материалы, а также практические кейсы российских промышленных предприятий и сервисных организаций (ЛокоТех, Тольяттикаучук, РОСНАНО, Газпром нефть, Московский метрополитен).

Сервитизация оказывает воздействие на все три компонента устойчивости промышленного предприятия, что приобретает особую значимость в условиях санкционных ограничений (см. рисунок 2).

Сервисные контракты формируют регулярные, предсказуемые потоки дохода, не зависящие от цикличности продаж оборудования. В исследовании, посвящённом российской промышленной компании, специализирующейся на производстве дизельных двигателей и локомотивов, сервисная выручка

выросла на 20,4% за счёт расширения контрактов на техническое обслуживание.

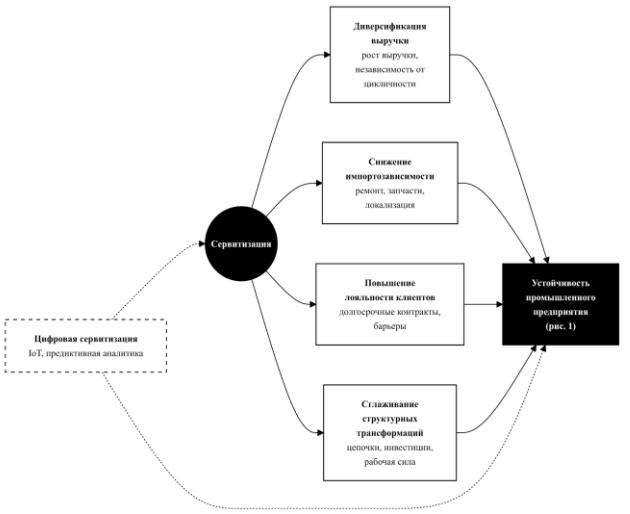


Рисунок 2 – Механизмы влияния сервитизации на устойчивость промышленного предприятия
Источник: Составлено автором на основании

Наращивание собственных сервисных компетенций даёт предприятию возможность заместить утраченное сервисное сопровождение зарубежных производителей. После введения санкций в 2022 году было отключено дистанционное сервисное обслуживание и прекратили поставки запчастей. Предприятия, располагавшие развитой сервисной инфраструктурой, продемонстрировали более высокую устойчивость.

Сервитизация помогает ослабить негативное влияние структурных сдвигов в экономике, которые проявляются в нарушениях цепочек поставок, инвестиционных потоках и качественных изменениях в требованиях к рабочей силе. Цифровая сервитизация представляет собой интеграцию технологий индустрии 4.0 (IoT, предиктивная аналитика) в сервисные процессы повышая операционную устойчивость за счёт удалённого мониторинга, прогнозирования отказов и оптимизации обслуживания.

Опираясь на рассмотренные подходы и учитывая санкционный контекст, сформулирована типология сервисных моделей, применимых для промышленных предприятий (см. таблицу 1).

Таблица 1
Типология сервисных моделей промышленных предприятий

Сервисная модель	Содержание	Вклад в устойчивость
Внутренний сервис	Сервис в составе предприятия, базовая поддержка оборудования	Сохраняет работоспособность парка, но слабо развивает сервисную выручку
Обособленный сервис	Отдельное бизнес-подразделение или дочерняя компания с P&L	Повышает экономическую мотивацию, прозрачность и масштабируемость
Сервисный контракт (ТОиР/SLA)	Плановое обслуживание, KPI доступности, времени реакции, поставок запчастей	Даёт регулярную выручку, снижает простои и удерживает клиента
Контракт жизненного цикла	Ответственность за проектирование, поставку, обслуживание, эксплуатацию и утилизацию	Обеспечивает долгосрочный спрос и глубокую интеграцию с заказчиком
Оплата по результату	CAPEX клиента переходит в OPEX, оплата за фактический результат	Расширяет рынок и распределяет риски между сторонами
Цифровая сервитизация	IoT, телеметрия, предиктивная аналитика, цифровые двойники	Переводит обслуживание в предиктивный режим, повышает операционную устойчивость

Источник: Составлено автором

Сервисная бизнес-модель требует от промышленного предприятия скоординированного комплекса управленческих решений, затрагивающих организационную структуру, продуктовый портфель, технологии, финансы и цепочки поставок.

Определение организационной формы сервисного направления выступает первым стратегическим шагом. Масштаб предприятия и уровень зрелости сервисной функции определяют выбор из трёх моделей: сервис как внутреннее подразделение, обособленное сервисное бизнес-подразделение с собственным отчётом о прибыли и убытках и независимой сервисной дочерней компании. Исследования Оливы и Калленберга подтверждают, что для успешного развития сервисного направления компаниям необходимо выделить сервисный бизнес в отдельную организационную единицу с собственной ответственностью за прибыль и убытки.

Роли в продажах и сервисе перераспределяются. Торговый персонал нуждается в переходе от транзакционных продаж к решению клиентских задач и партнёрским отношениям. Программа подготовки охватывает сервисных инженеров и менеджеров по продажам, которым предстоит продавать «результат». Кадровый дефицит в машиностроении вырос в 1,5 раза — до 16,1 тыс. человек к концу 2023 года. Численность требуемых работников списочного состава на вакантные рабочие места в машиностроении с первого квартала 2021 года в отрасли возросла более чем в полтора раза, до 16,1 тыс. человек на конец 2023 года.

Интеграция соглашений об уровне сервиса в договоры поставки переводит отношения с клиентом от разовой сделки к долгосрочному партнёрству. В них закрепляются измеримые параметры: время реакции на заявку, целевой коэффициент доступности оборудования, график профилактических визитов, сроки поставки запчастей.

Наиболее продвинутой формой продуктово-сервисной трансформации в российской промышленности выступают контракты жизненного цикла. Производитель принимает обязательства по проектированию, поставке, обслуживанию, эксплуатации и утилизации оборудования.

Нормативная правовая база устанавливает перечни оборудования для заключения контрактов жизненного цикла. Перечень включает подвижной состав, транспортные средства, медицинскую технику и IT-инфраструктуру. Московский метрополитен с 2014 года перевёл на контракты жизненного цикла около 65% закупок подвижного состава. Обслуживание электробусов по контрактам рассчитано на 15 лет, а поездов МЦД на 40 лет.

Ключевым технологическим шагом является внедрение телеметрии и IoT для удалённого мониторинга состояния оборудования, обеспечивающее переход от реактивной модели обслуживания к предиктивной. Отечественные разработчики предлагают системы управления производственными активами и предиктивного мониторинга: F5 EAM, F5 PMM и 1С:ТОИР.

Сервисная компания по обслуживанию локомотивов подключила к системе телеметрии более 10 000 секций локомотивов в 59 сервисных депо, что позволяет ежемесячно обрабатывать 1,5 терабайта данных. За счёт этого достигается снижение количества внеплановых ремонтов по анализируемому оборудованию от 5 до 15% и снижение трудоёмкости расследования инцидентов на 5–10% в зависимости от серии локомотивов.

Прогнозирование отказов узлов и оптимизация графика обслуживания достигаются за счёт цифровых двойников и предиктивной аналитики. ООО «Тольяттикаучук» заменило американскую систему Infor EAM на 1С:ТОИР и получило ускорение управленческой отчётности на 35%, сокращение производственных издержек на 8%, сокращение простоев оборудования до 20% и экономию 24,5 млн руб. на стоимости лицензий. Модель «оплата по результату» конвертирует капитальные затраты клиента в операционные и снижает порог входа.

Группа «РОСНАНО» предлагает промышленным клиентам оплату только за фактически выполненную роботом работу. Предприятия получают выгоду с первого дня эксплуатации, не неся капитальных вложений.

Управление рисками сервисных контрактов предполагает резервирование средств на непредвиденные ремонты, хеджирование валютных рисков при закупке импортных запчастей и страхование ответственности за доступность оборудования. При продвинутой сервитизации производитель принимает на себя операционные риски клиента. Это предъявляет повышенные требования к оценке надёжности оборудования и стоимости простоев.

Диверсификация поставщиков комплектующих разворачивается по трём направлениям: локализация производства запчастей на собственных или смежных площадках, переориентация на поставщиков из дружественных стран и развитие партнёрских отношений с отечественными вендорами. «Газпром нефть» с 2015 года последовательно переводит сервисные организации и ремонтные службы на отечественного производителя, организовав собственное производство запчастей на дочернем предприятии в Омске.

Сводная типология управленческих решений по сервитизации в санкционных условиях представлена в таблице 2.

Таблица 2
Типология управленческих решений по внедрению сервитизации

Направление	Ключевые решения	Эффект
Организация	Выделение сервиса в бизнес-единицу или дочернюю компанию с P&L	Ответственность за прибыль, управляемость, масштабируемость
Продуктово-сервисный портфель	SLA, КЖЦ, оплата по результату	Долгосрочные контракты и предсказуемый спрос
Цифровизация	IoT, телеметрия, предиктивная аналитика, EAM/ТОиР, цифровые двойники	Снижение простоев и неплановых ремонтов
Кадры	Обучение сервисных инженеров и продавцов, продажа «результата»	Рост качества сервиса и удержание клиентов
Импортозамещение и поставки	Локализация запчастей, отечественные вендоры, дружественные страны	Снижение импортозависимости и бесперебойность обслуживания
Финансы и риски	Резервы, хеджирование, страхование ответственности, оценка простоев	Защита маржи и устойчивость сервисных контрактов

Источник: Составлено автором

Полученные результаты согласуются с выводами Р. Оливы и Р. Калленберга о целесообразности выделения сервиса в самостоятельную бизнес-единицу, а также с положениями Т. С. Бейнса и Х. В. Лайтфута о переходе от продукта к сервисным решениям. Вместе с тем проведённый анализ развивает указанные положения применительно к условиям санкционного режима: продемонстрировано, что сервитизация воздействует не только на финансовые показатели, но и на устойчивость цепей поставок, а также на устойчивость рыночных позиций. В отличие от исследований, сосредоточенных на отдельных цифровых или финансовых эффектах, в настоящей работе предложена комплексная типология сервисных моделей и управленческих решений. Ограничения исследования обусловлены опорой на доступные кейсы и отсутствием унифицированной количественной метрики устойчивости. Дискуссионным остаётся вопрос о том, при каком соотношении продуктовой и сервисной выручки достигается максимальный эффект устойчивости без увеличения операционных рисков.

В период санкций сервитизация даёт результат только при согласованной работе всех подразделений. Организационный аспект предполагает развитие сервисного направления. Технологический аспект связан с цифровой сервитизацией, в основе которой лежат интернет вещей, телеметрия, предиктивная аналитика и цифровые двойники. Оборудование обслуживают по фактическому состоянию. Незапланированных простоев становится меньше, что позволяет заранее предотвратить часть поломок.

Долгосрочные партнёрские отношения институционализируются посредством внедрения контрактов жизненного цикла. Снижение уязвимости цепочек поставок достигается импортозамещением и локализацией сервисных компетенций.

Продвинутые модели обслуживания требуют значительных инвестиций в человеческий капитал, переобучение инженерно-технического персонала и менеджеров по продажам. Им предстоит работать в парадигме, где продаются «результаты», а не «оборудование». Нехватка квалифицированных кадров, потребность в надёжных механизмах управления рисками, синергетическое сочетание локализованного производства, цифрового мониторинга и ценообразования, ориентированного на результат, открывает возможности устойчивого развития.

Литература

1. Oliva, R. Managing the transition from products to services / R. Oliva, R. Kallenberg // International Journal of Service Industry Management. — 2003. — Vol. 14, № 2. — P. 160–172.
2. Шалимов, Е. А. Стратегии устойчивости машиностроительных предприятий в условиях турбулентности цепочек поставок / Е. А. Шалимов, М. В. Власов // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. — 2025. — № S3. — С. 205–210.
3. Панчайкин, А. А. Сервитизация промышленных предприятий: обзор научных направлений / А. А. Панчайкин // Human Progress. — 2024. — Т. 10, № 3. — Ст. 13.
4. Baines, T. S. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges / T. S. Baines, H. W. Lightfoot // Journal of Manufacturing Technology Management. — 2009. — Vol. 20, № 5. — P. 547–567.
5. Двоянов, С. В. Инструментарий планирования и оценки эффективности сервисной трансформации производственного предприятия: дис. канд. экон. наук: 5.2.3 / Двоянов Сергей Владимирович. — Екатеринбург, 2023. — 206 с.
6. Гнатышина, Е. И. Институциональные механизмы цифровизации как фактор повышения финансовой устойчивости промышленных предприятий / Е. И. Гнатышина // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. — 2025. — № 2 (81). — С. 34–41.
7. Коммерсантъ. Машиностроение уперлось в людей // Коммерсантъ. — 2024. — 27 июня. — URL: https://www.kommersant.ru/doc/6780287. — Дата обращения: 31.08.2026.
8. Жуланов, Е. Е. Совершенствование системы управления промышленными предприятиями на основе контрактов жизненного цикла: монография / Е. Е. Жуланов, Е. С. Лобова, Ж. А. Мингалёва, А. Г. Шеломенцев. — Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехн. ун-та, 2024. — 166 с.
9. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (с изм. и доп.) // Собрание законодательства РФ. — 2013. — № 14. — Ст. 1652.
10. Постановление Правительства РФ от 28.11.2013 № 1087 «Об определении случаев заключения контракта жизненного цикла» (с изм. и доп.) // Собрание законодательства РФ. — 2013. — № 48. — Ст. 6260.
11. Сергей Собянин: Новые электробусы пополнят городской парк в этом году // Официальный сайт Мэра Москвы: [сайт]. — 2026. — 2 марта. — URL: https://www.mos.ru/mayor/themes/14310050/ — Дата обращения: 31.08.2026.
12. Умный локомотив // ГК «ЛокоТех»: [сайт]. — URL: https://locotech.ru/about/smart_loco/. — Дата обращения: 31.08.2026.
13. Тольяттикаучук перешел на российскую систему управления ремонтами и обслуживанием оборудования: подробности проекта // Интеграл: [сайт]. — 2026. — 14 мая. — URL: https://integral-russia.ru/2026/05/14/tolyattikauchuk-perehodit-na-rossijskuyu-sistemu-upravleniya-remontami-i-obsluzhivaniem-oborudovaniya-podrobnosti-proekta/. — Дата обращения: 31.08.2026.
14. Группа «РОСНАНО» представила новую сервисную модель роботизации складов без капитальных затрат: [сайт]. — Москва, 2025. — 27 марта. — URL: https://www.rusnano.com/news/20250327-gruppa-rosnano-predstavila-novuyu-servisnuyu-model-robotizatsii-skladov-bez-kapitalnykh-zatrat/. — Дата обращения: 31.08.2026.
15. Романова, Ю. В. Организационно-экономический механизм поддержки импортозамещающих проектов на предприятиях промышленности / Ю. В. Романова, В. А. Полянская, А. А. Пермовский // Russian Economic Bulletin. — 2025. — Т. 8, № 5. — С. 139–146.
16. Программа модернизации Омского НПЗ идет строго по графику // Объединение лидеров нефтегазового сервиса и машиностроения России: [сайт]. — 2023. — 6 марта. — URL: https://nangs.org/news/downstream/refining/programma-modernizatsii-omskogo-npz-idet-strogo-po-grafiku — Дата обращения: 31.08.2026.

The impact of servitization on the sustainability of industrial enterprises under a sanctions regime

Kuzmina O.A.
Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines the impact of servitization on the sustainability of industrial enterprises, taking into account the current sanctions regime. In the study, sustainability is viewed as a three-component structure, including financial sustainability, supply chain sustainability, and market sustainability. It is argued that servitization acts as a systemic mechanism capable of having a positive impact on all three components. By diversifying their sources of income through long-term service contracts, enterprises reduce their dependence on the cyclical nature of equipment sales. The article examines how the development of internal competencies in the field of service provision and the localization of spare parts production reduce the risks associated with disruptions in ties with foreign suppliers and import restrictions. In addition, the integration of digital technologies, including the Internet of Things (IoT), predictive analytics, and digital twins, contributes to the transition from reactive to predictive maintenance, thereby increasing operational stability. The analysis shows that a comprehensive servitization strategy, supported by appropriate organizational, technological, and financial management decisions, is a key condition for ensuring the long-term sustainability and competitiveness of industrial enterprises in the face of external shocks.

Keywords: servitization, industrial enterprise resilience, economic sanctions, digital transformation, service business models, life-cycle contracts, import substitution, predictive analytics, organizational resilience.

References

1. Oliva, R. Managing the transition from products to services / R. Oliva, R. Kallenberg // International Journal of Service Industry Management. — 2003. — Vol. 14, No. 2. — P. 160–172.
2. Shalimov, E. A. Strategies for the sustainability of machine-building enterprises under supply chain turbulence / E. A. Shalimov, M. V. Vlasov // Innovative Economics: Information, Analytics, Forecasts. — 2025. — No. S3. — P. 205–210.
3. Panchaykin, A. A. Servitization of industrial enterprises: a review of scientific directions / A. A. Panchaykin // Human Progress. — 2024. — Vol. 10, No. 3. — Art. 13.
4. Baines, T. S. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges / T. S. Baines, H. W. Lightfoot // Journal of Manufacturing Technology Management. — 2009. — Vol. 20, No. 5. — P. 547–567.
5. Dvoyanov, S. V. Toolkit for planning and evaluating the effectiveness of service transformation of a manufacturing enterprise: Cand. Sci. (Econ.) dissertation: 5.2.3 / Dvoyanov Sergei Vladimirovich. — Yekaterinburg, 2023. — 206 p.
6. Gnatyshina, E. I. Institutional mechanisms of digitalization as a factor in improving the financial sustainability of industrial enterprises / E. I. Gnatyshina // Bulletin of the Volga State University of Service. Series: Economics. — 2025. — No. 2 (81). — P. 34–41.

Формирование стратегии коммерциализации нового девелоперского продукта

Мельницына Мария Игоревна
магистрант, кафедра менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Melni02022001@mail.ru,

Заремба Владлена Евгеньевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, dr.zarembo@gmail.com

В статье разработана стратегия коммерциализации нового девелоперского продукта на примере проекта ПРОМСТРАНСТВО, реализуемого ООО ИИСС в Санкт-Петербурге при поддержке ООО ВТБ Девелопмент. Исследование основано на кейс-методе, анализе научной литературы, открытых предложениях конкурентов, данных веб-аналитики, обращений потенциальных покупателей и клиентского пути. За июнь–август 2026 г. сайт проекта получил около 6 тыс. переходов и 10 целевых обращений; расчётная конверсия составила около 0,17%. Выделены целевые сегменты, их потребности и барьеры, определены принципы ценообразования, функции каналов продвижения и этапы B2B-продажи. Предложена отраслевая модель коммерциализации, связывающая параметры продукта, форму приобретения, ценностное предложение, продвижение, продажи и обратную связь. Практическая значимость модели состоит в возможности её использования при выводе на рынок производственно-складских объектов.

Ключевые слова: коммерциализация, девелоперский продукт, производственно-складская недвижимость, стратегия вывода на рынок, ценообразование, продвижение, B2B-продажи, клиентский путь.

Введение

Развитие малого и среднего бизнеса формирует спрос на помещения, позволяющие объединить производство, хранение и административно-офисные функции. Ответом на этот запрос стал формат Light Industrial. По данным CMWP, в 2025 г. его доля в новом строительстве достигла рекордного уровня, а реалистичный прогноз ввода в России в 2026 г. составляет около 500 тыс. кв. м. [4]. Как правило, рост предложения усиливает конкуренцию внутри рынка и повышает требования не только к качеству вывода новых объектов на рынок, но и цене.

Коммерциализация продукта девелоперов на сегодняшний день не может быть ограничена рекламой и маркетингом. На продажи влияют следующие факторы: высокая стоимость объекта, местоположение (центр или за КАДом) и длительность сделки. При этом потребности клиентов, их ценовая политика, финансовые ограничения и инструменты продвижения часто не согласованы между собой. Из-за разрозненности трафик не конвертируется в теплые лиды, а просмотры не превращаются в сделки.

Эмпирической базой исследования выступает проект ПРОМСТРАНСТВО, реализуемый компанией ООО ИИСС в индустриальном парке «Марьино» в Санкт-Петербурге при поддержке ООО ВТБ Девелопмент. Проект предусматривает продажу производственно-складских помещений, под производство, склад и офис в одном месте. Такой проект будет интересен компаниям, которые хотят вести бизнес в одном месте, а не иметь помещения в разных точках города (из-за этого возникают логистические проблемы), а также компаниям, которые теряют значительное количество денег из-за отсутствия возможности расширить производственную мощность.

Цель исследования - разработать стратегию коммерциализации нового производственно-складского девелоперского продукта с учетом согласованных характеристик продукта, подхода к ценообразованию, инструментов продвижения, этапов продаж и работы с потенциальными покупателями.

Научная новизна заключается в разработке отраслевой модели коммерциализации, которая учитывает сразу два подхода: особенности помещений/блоков (для чего они подходят и насколько универсальны) и то, что покупатели сомневаются в выборе. В отличие от стандартных подходов, где стараются снизить неуверенность потенциального клиента, наша модель объединяет несколько инструментов: сегментацию покупателей, формирование подходящих предложений, сопровождение клиента на всех этапах и корректировку действий по обратной связи.

Практическая значимость определяется возможностью применения модели в проекте ПРОМСТРАНСТВО и её адаптации для других производственно-складских объектов.

1 Теоретические основы коммерциализации девелоперского продукта

Коммерциализация представляет собой управляемый процесс превращения продукта в рыночное предложение, способное создавать ценность для покупателя и обеспечивать экономический результат компании. Р. Купер связывает успех нового продукта с наличием значимых преимуществ, знанием рынка и согласованностью процесса вывода [1]. Д. Тис показывает, что характеристики продукта, способ передачи ценности и механизм получения дохода должны быть объединены бизнес-моделью [2].

Для недвижимости важна двойственная природа предложения. А. Чиарамелла и М. Далл'Орсо рассматривают объект одновременно как материальный продукт и услугу [3]. Покупатель оценивает не только площадь и технические параметры, но также качество информации, переговоров, просмотра, подбора финансовых условий и сопровождения сделки.

М.М. Бернштейн подчёркивает зависимость коммерциализации от стадии готовности продукта и уровня рыночной неопределённости [5; 6]. В.Ф. Оберемчук и Т.А. Самило включают в вывод нового продукта анализ условий, проверку продукта, оценку эффективности, планирование, коммуникации и контроль [7]. М.А. Садвахасов объединяет факторы успеха в три группы: рыночное обоснование, продуктово-маркетинговую настройку и организационную готовность [8]. Следовательно, коммерциализация производственно-складской недвижимости должна учитывать не только свойства объекта, но и барьеры покупателя, финансовую нагрузку, доверие к участникам проекта и организацию продолжительной продажи.

В настоящем исследовании стратегия коммерциализации понимается как система взаимосвязанных управленческих решений, определяющих целевые сегменты, ценностное предложение, цену и условия приобретения, каналы коммуникации, клиентский путь и показатели результата.

2 Материалы и методы

Исследование выполнено с использованием кейс-метода. Эмпирическая база включает внутренние материалы проекта, характеристики помещений и условий реализации, данные Яндекс Метрики и Calltouch, содержание обращений потенциальных покупателей, материалы отраслевых семинаров, публикации в СМИ и размещённые в открытом доступе результаты опросов предпринимателей.

Количественный анализ охватывает июнь–август 2026 г. За этот период сайт проекта получил около 6 тыс. переходов. Зафиксировано 10 целевых обращений, к которым относились звонки, заявки через формы обратной связи, сообщения по почте, запросы стоимости и записи на просмотр, где 1 потенциальный покупатель осматривал объект лично с менеджером. Дополнительно были учтены предварительные наблюдения первой половины сентября 2026 г., где интенсивность обращений увеличилась до 3–4 в неделю в связи с началом сезона активного интереса к приобретению. Короткий период середины сентября 2026 года не может быть объективным в анализе, но это указывает на восстановление активности после летнего периода в связи с повышением выручки у большинства предпринимателей.

Сегментация покупателей проводилась по предполагаемому способу использования помещений. Потребности и барьеры определялись на основании фактических обращений, общения с потенциальными клиентами и представителями бизнеса на отраслевых семинарах, а также анализа отраслевых публикаций в СМИ. Сравнительный анализ включал открытые предложения прямого конкурента - производственно-складского комплекса на Нефтяной дороге в Санкт-Петербурге. Проект Parameter группы ПИК в Москве и Московской области использовался как отраслевой ориентир, но не как прямой конкурент из-за различий географических рынков.

Путь клиента формировался как последовательность действий от первого рекламного контакта до заключения сделки. Результатом анализа стала модель, объединяющая сегментацию, ценностное предложение, цену, продвижение, продажи и обратную связь от клиента.

3 Результаты исследования

3.1 Сегментация и ценностное предложение

ПРОМСТРАНСТВО расположено в индустриальном парке «Марьино» в городе Санкт-Петербург, примерно в 1,5 км от КАД. Помещения позволяют разместить производство, склад и офис в одном здании. Основная форма реализации - продажа в собственность, что отличает продукт от предложений конкурентов, которые ориентированы на сдачу в аренду.

Профессиональный термин Light Industrial не всегда понятен потенциальным покупателям, он только с 1 сентября 2026 года включен в ГОСТ Р 72778-2026 «Объекты Light Industrial», это означает, что общая осведомленность аудитории о данном термине наступит нескоро. В коммуникации с аудиторией более результативна функциональная формулировка «помещение для производства, склада и офиса», прямо показывающая способы использования объекта.

Таблица 1
Сегментация покупателей проекта ПРОМСТРАНСТВО

Сегмент	Основная потребность	Ценностное предложение	Основные барьеры
Производственные компании	Размещение оборудования, сырья, продукции и персонала	Производство, склад и офис в одном помещении	Техническое соответствие, стоимость, сроки готовности
Торговые и дистрибьюторские организации	Хранение и распределение товаров	Собственный объект в Санкт-Петербурге рядом с КАД	Сравнение покупки с арендой, финансирование
Компании электронной коммерции	Хранение, упаковка и обработка заказов	Склад с офисной частью и возможностью расширения	Неопределённость роста бизнеса, первоначальные вложения
Складские и логистические компании	Расширение инфраструктуры	Транспортная доступность и выбор площади	Характеристики помещения, сроки и стоимость

Общее ценностное предложение проекта состоит в возможности приобрести в собственность помещение для производства, склада и офиса на одной территории в Санкт-Петербурге рядом с КАД. При этом коммуникация должна адаптироваться к сегменту: производственным компаниям важны инженерные параметры, дистрибьюторам - логистика и переход от аренды к собственности, компаниям электронной коммерции - объединение хранения и обработки заказов, для складских/логистических операторов (на примере компаний типа Ozon) важны близость к ключевым транспортным объектам (КАД) и морским портам.

3.2 Ценообразование и финансовые условия

Цена девелоперского продукта должна учитывать затраты, сопоставимые предложения и воспринимаемую покупателем ценность [9]. Базовая стоимость помещений ПРОМСТРАНСТВА составляет 110 тыс. руб. за 1 кв. м. без НДС. По открытым объявлениям стоимость производственно-складских помещений сопоставимого назначения на Нефтяной дороге составляет приблизительно 128–139 тыс. руб. за 1 кв. м. с НДС [10–12]. Прямое сопоставление требует учёта площади, местоположения, стадии готовности и технических характеристик объектов.

Для снижения финансового барьера предусмотрены рассрочка 0% сроком от одного года и скидка до 10% при полной оплате. Дополнительным направлением является запуск системы приобретения помещений с участием ВТБ Лизинга. Условия финансирования зависят от финансового положения компании клиента и объекта, в коммуникации с клиентом важно показывать доступные варианты, но предоставлять окончательный расчёт после полной заинтересованности объектом, когда ему известны все ценности продаваемого объекта.

Для клиентов, сравнивающих покупку с арендой, предлагается индивидуальный расчёт, учитывающий арендные платежи, возможное изменение ставки, первоначальный взнос, стоимость финансирования и сохранение объекта в собственности. Важным фактором является сопоставимость аренды с выгодой от покупки в собственность - инвестирование в будущее и неотъемлемая часть капитала компании. Инвестиция в недвижимость - увеличение дохода от продажи в будущем. Такой расчёт является инструментом принятия решения и не должен заранее представлять покупку как безусловно более выгодный вариант.

3.3 Продвижение и конверсия

Каналы проекта включают:

- контекстную рекламу в поисковой системе Яндекса;
- площадки коммерческой недвижимости: агрегаторы, которые специализируются на публикации объявлений только по релевантной теме, а именно коммерческая недвижимость в Санкт-Петербурге, где от 100 предложений по городу;
- сервисы объявлений: Циан, Дом.Клик, Я.Недвижимость, Авито. Эти многостраничные ресурсы имеют много подкатегорий в связи с тем, что клиент может понять разделом «продажа комнаты», как «продажа комнаты под склад», то здесь важно учитывать и такие нюансы, и подстроить каждое объявление под смежную категорию, что и было реализовано в проекте ПРОМСТРАНСТВО;
- социальные сети в виде таргетированной рекламы, где ключевым инструментом является составления баннера с указанием возраста от 35 до 64 лет, локальным методом: Санкт-Петербург, Ленинградская область и ключевыми коммерческими запросами на подобии: покупка коммерческой недвижимости в Санкт-Петербурге и т.д.;
- информационный контент с помощью публикации в СМИ;
- брокерское участие. Брокеры выступают в качестве агента в процессе заключения сделки.

Результативность данных инструментов следует оценивать не по охвату, а по переходу клиента к следующему этапу воронки. Либо заинтересованности клиента, даже в единичном контакте в виде одного вопроса.

За июнь - август 2026 г. около 6 тысяч переходов обеспечили 10 целевых обращений. Расчётная конверсия составила:

10/6000 × 100% = 0,17%.

Низкий показатель имеет следующие обоснования:

- продолжительный цикл принятия решения;
- высокая стоимость объекта;
- не сезонность в период лета;
- изучение рынка без готовности к покупке;
- отсутствие понятия ценности данного продукта;
- сложность перехода от знакомства с продуктом к обращению.

Поэтому увеличение рекламного трафика без совершенствования предложения и клиентского пути не гарантирует роста продаж.

Таблица 2
Функции каналов продвижения и продаж

Канал	Функция в коммерциализации
Сайт	Представление характеристик, условий и перевод посетителя в обращение
Контекстная реклама	Привлечение пользователей со сформированным поисковым спросом
ЦИАН, Яндекс Недвижимость, Авито	Получение обращений от компаний, выбирающих конкретный объект
ВКонтакте и Дзен	Формирование знания, объяснение продукта и повторный контакт
Брокеры	Расширение профессионального охвата и доступ к клиентским базам
ВТБ Лизинг	Финансовый канал и дополнительный охват корпоративной аудитории
Просмотр объекта	Снижение неопределённости и подготовка индивидуального предложения

Больший процент конверсии приходит через сайт, так как большинство каналов направляет именно на него и, важно, чтобы на сайте были представлены: информация о статусе объекта «продажа» или «аренда», назначения объекта, доступные площади для приобретения, технические характеристики помещений, финансовые условия приобретения и доступные способы приобретения. Под каждым блоком информации добавлять кнопку «Оставить заявку на обратный звонок», так как большинство клиентов хочет, чтобы с ними связались (была проведена статистика на основе собранных данных об интересантах проекта), фотографии объекта со всеми этапами строительства по месяцам с помощью профессиональной съемки от фотографа. Важно не указывать на сайте стоимость объекта, в таком случае посетитель может выйти с сайта так и не узнав о преимуществах объекта. Разные действия соответствуют разной степени готовности клиента и позволяют начать взаимодействие до окончательного решения о покупке.

3.4 Клиентский путь и показатели управления

Клиентский путь включает:

1. Знакомство с предложением;
2. Изучение сайта или объявления;
3. Выбор площади и назначения;
4. Получение ценовой информации;
5. Обращение;
6. Квалификацию потребности;
7. Просмотр;
8. Подготовку коммерческого предложения;
9. Согласование технических и финансовых условий;
10. Оформление сделки при помощи брокерского агентства.

На раннем этапе клиенту необходимы понятное назначение продукта, местоположение и ориентир стоимости или очевидные преимущества по сравнению с предложениями от конкурентов. На этапе выбора - планы, инженерные характеристики и условия оплаты. После обращения менеджер должен определить сферу деятельности компании для понимания класса опасности, для которых санитарно-защитная зона не устанавливается, требуемую площадь, предполагаемый срок приобретения и способ финансирования. Результатом становятся просмотр и индивидуальное коммерческое предложение.

Для оценки стратегии необходима последовательная система показателей: посещения сайта, обращения, квалифицированные обращения, записи на просмотр, проведённые просмотры, направленные коммерческие предложения и сделки. Дополнительно рассчитываются конверсия между этапами, стоимость привлечения обращения и продолжительность цикла продажи. Это позволяет различать проблемы качества трафика, содержания сайта и обработки обращений.

3.5 Модель стратегии коммерциализации

Предлагаемая модель включает шесть взаимосвязанных элементов:

Последовательность реализации элементов модели и сроки представлены на рисунке 1.

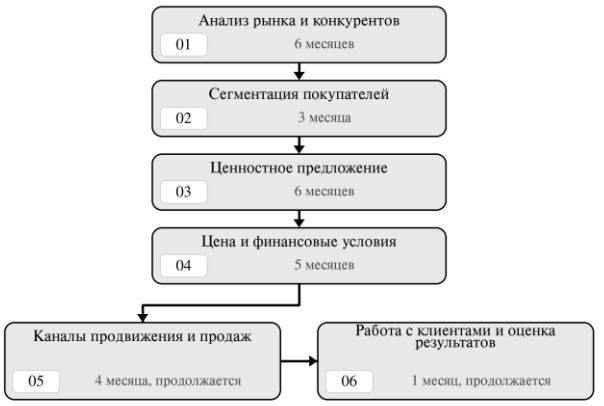


Рисунок 1 – Элементы модели коммерциализации и сроки их реализации

Цена и финансовые условия уточнялись с учетом стадии строительства проекта и появления дополнительных способов оплаты.

Обратная связь действует на всех этапах: вопросы, возражения, причины отказа и поведение пользователей используются для корректировки продукта, аргументации цены, рекламных сообщений и процесса продажи.

Реализация модели предусматривает три этапа:

1 Этап «Подготовка»: в первую очередь анализируется рынок и аудитория (возможен запуск «фейковых» реклам для тестирования поведения аудитории, формируется предложение и цена, создается сайт и настраиваются рекламные компании со сбором данных.

2 Этап «Запуск»: запуск настроенных рекламных компаний, брокерских и партнерских каналов, сбор данных с просмотров и обращений.

3 Этап «Корректировка: Анализируются воронки продаж, после чего возможно полное или частичное изменение коммуникации, набор дополнительных каналов и инструментов, содержание сайта (переверстка) и условия предложения.

Выбранный сегмент задает основу ценностного предложения. Ценностное предложение объясняет, почему оправдана заявленная цена. Цена и характеристики продукта, в свою очередь, определяют какие каналы продвижения стоит использовать, а данные из обращений и просмотров помогают вовремя корректировать стратегию.

4 Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают положение Р. Купера о зависимости успеха нового продукта от рыночных преимуществ и согласованности процесса вывода [1]. Применительно к девелопменту технические характеристики должны быть переведены в понятные покупателю результаты: объединение функций, переход от аренды к собственности, транспортную доступность и возможность подобрать финансовые условия.

Модель соответствует подходу Д. Тиса, связывающему создание ценности и механизм получения дохода [2]. При этом специфика производственно-складской недвижимости состоит в цене выше рыночной, фиксированном местоположении, необходимости технического соответствия бизнес-процессам и длительном согласовании сделки. Поэтому коммуникация не заканчивается получением заявки: коммерциализация продолжается в ходе квалификации, личного просмотра объекта продажи, расчёта стоимости и переговоров.

Расчётная конверсия 0,17% показывает разрыв между привлечением аудитории и переходом к прямому взаимодействию. Тем не менее этот показатель нельзя объяснить исключительно как недостаток сайта. Летний период, ранняя стадия проекта и длительный цикл покупки также влияют на поведение аудитории. Рост обращений до 3-4 в неделю в первой половине сентября указывает на изменение активности, но требует дальнейшего наблюдения.

Ограничения исследования связаны с анализом одного проекта, небольшим числом обращений и отсутствием завершённого цикла продаж. Предложенная модель пока оценивается по промежуточным показателям, а не по количеству сделок и финансовому результату. После накопления данных необходимы расчёт конверсии на каждом этапе, анализ причин отказа и сопоставление фактических продаж с плановыми показателями компании.

Заключение

Исследование показало, что коммерциализация нового производственно-складского объекта должна строиться как единая система, связывающая характеристики помещений, потребности целевых сегментов, ценностное предложение, цену, финансовые условия, продвижение и продолжительную B2B-продажу.

Для проекта выделены четыре группы покупателей и определены различия их потребностей, возражений и их препятствий для дальнейшего развития сделки. ГОСТом установлено, что профессиональный термин Light Industrial нужно дополнять функциональным описанием продукта, но не зацикливаться на данном словосочетании и адаптировать под понимаемые фразы для клиента. Ценовая стратегия должна сочетать конкурентный ориентир, прозрачную базовую стоимость, рассрочку, скидку при полной оплате и индивидуальные финансовые решения, включая лизинг.

Анализ 6 тысяч переходов и 10 целевых обращений выявил низкую конверсию - около 0,17%. Это обосновывает переход от управления объёмом трафика к управлению всей воронкой: от просмотра до клика (включая формы: «Оставить заявку», «Оставить контакты для обратного звонка»), коммерческого предложения и сделки.

Разработанная модель включает анализ рынка, сегментацию, ценностное предложение, цену и условия приобретения, каналы продвижения и продаж, работу с клиентами и оценку результатов. Отличительной особенностью данной модели является использование обратной связи для последовательного снижения неопределённости покупателя. После завершения полного цикла продаж модель должна быть проверена по фактической конверсии, длительности сделки и стоимости привлечения покупателя.

Литература

1. Cooper R. G. The Drivers of Success in New-Product Development // Industrial Marketing Management. 2019. Vol. 76. P. 36–47. DOI: 10.1016/j.indmarman.2018.07.005.
2. Teece D. J. Business Models, Business Strategy and Innovation // Long Range Planning. 2010. Vol. 43. No. 2–3. P. 172–194. DOI: 10.1016/j.lrp.2009.07.003.
3. Ciaramella A., Dall'Orso M. Real Estate as a "Product" or "Service": A Reference Framework // Urban Regeneration and Real Estate Development. Cham: Springer, 2021. P. 85–105. DOI: 10.1007/978-3-030-67623-0_7.
4. Дорофеев Е., Афанасьева П., Дронов Н. Рынок Light Industrial 2026 [Электронный ресурс] // CMWP. 2026. URL: https://www.cmwp.ru/analytics/rynok-light-industrial-2026/ (дата обращения: 19.09.2026).
5. Бернштейн М. М. Моделирование коммерциализации продуктовых инноваций // Транспортное дело России. 2012. № 1. С. 28–32.
6. Бернштейн М. М. Концептуальная модель коммерциализации продуктовых инноваций в отрасли индивидуального домостроения // Транспортное дело России. 2011. № 9. С. 8–11.
7. Оберемчук В. Ф., Саміло Т. О. Особливості планування виведення на ринок нового продукту // Бізнес Інформ. 2020. № 2. С. 81–87.
8. Садвахасов М. А. Ключевые факторы успешного вывода нового продукта на рынок: обзор управленческих подходов // Наука и образование сегодня. 2026. № 3 (88). С. 11–14.
9. Nagle T. T., Müller G., Gruyaert E. The Strategy and Tactics of Pricing: A Guide to Growing More Profitably. 7th ed. New York: Routledge, 2023. 478 p.
10. Продажа производственного помещения площадью 1529 м² на Нефтяной дороге [Электронный ресурс] // ЦИАН. URL: https://spb.cian.ru/sale/commercial/324808159/ (дата обращения: 13.09.2026).
11. Продажа производственного помещения площадью 775 м² на Нефтяной дороге [Электронный ресурс] // ЦИАН. URL: https://spb.cian.ru/sale/commercial/324619234/ (дата обращения: 09.09.2026).
12. Продажа производственного помещения площадью 360 м² на Нефтяной дороге [Электронный ресурс] // Akula.com. URL:

https://spb.akula.com/kupit/proizvod/pomescheniya/sankt-peterburg-neftyanaya-doroga-3-r10710787.html (дата обращения: 15.09.2026).

Formation of a commercialization strategy for a new real estate development product

Melnitsyna M.I., Zarembo V.E.
Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article develops a commercialization strategy for a new real estate product using the PROMSTRANSTVO project implemented by IISS LLC in Saint Petersburg with the support of VTB Development LLC as a case study. The research combines a literature review, competitor analysis, web analytics, customer inquiries, market segmentation, and customer journey modelling. From June to August 2026, the project website received approximately 6,000 visits and 10 target inquiries, resulting in an estimated conversion rate of 0.17%. The study identifies target customer segments, their needs and purchase barriers, and defines pricing principles, promotion channel functions, and the stages of a long B2B sales cycle. A sector-specific commercialization model is proposed, linking product parameters, ownership, value proposition, promotion, sales, and feedback. The model can be applied when launching production and warehouse real estate projects.

Keywords: commercialization, real estate development product, production and warehouse real estate, market entry strategy, pricing, promotion, B2B sales, customer journey.

References

1. Cooper R. G. The Drivers of Success in New-Product Development. Industrial Marketing Management. 2019;76:36–47. DOI: 10.1016/j.indmarman.2018.07.005.
2. Teece D. J. Business Models, Business Strategy and Innovation. Long Range Planning. 2010;43(2–3):172–194. DOI: 10.1016/j.lrp.2009.07.003.
3. Ciaramella A., Dall'Orso M. Real Estate as a "Product" or "Service": A Reference Framework. In: Urban Regeneration and Real Estate Development. Cham: Springer; 2021. P. 85–105. DOI: 10.1007/978-3-030-67623-0_7.
4. Dorofeev E., Afanasyeva P., Dronov N. Rynok Light Industrial 2026 [Light Industrial Market 2026]. CMWP. 2026. Available at: https://www.cmwp.ru/analytics/rynok-light-industrial-2026/ (accessed 19 September 2026). (In Russian).
5. Bernshtein M. M. Modelirovanie kommertsializatsii produktovykh innovatsii [Modelling the Commercialization of Product Innovations]. Transportnoe delo Rossii. 2012;(1):28–32. (In Russian).
6. Bernshtein M. M. Kontseptualnaya model kommertsializatsii produktovykh innovatsii v otrasli individualnogo domostroeniya [A Conceptual Model for the Commercialization of Product Innovations in Individual Housing Construction]. Transportnoe delo Rossii. 2011;(9):8–11. (In Russian).
7. Oberemchuk V. F., Samilo T. O. Osoblyvosti planuvannia vyvedennia na rynok novoho produktu [Features of Planning a New Product Launch]. Biznes Inform. 2020;(2):81–87. (In Ukrainian).
8. Sadvakhasov M. A. Klyuchevye faktory uspeshnogo vyvoda novogo produkta na rynok: obzor upravlencheskikh podkhodov [Key Factors for a Successful New Product Launch: A Review of Management Approaches]. Nauka i obrazovanie segodnya. 2026;3(88):11–14. (In Russian).
9. Nagle T. T., Müller G., Gruyaert E. The Strategy and Tactics of Pricing: A Guide to Growing More Profitably. 7th ed. New York: Routledge; 2023. 478 p.
10. Sale of a 1,529 sq. m production property on Neftyanaya Road. CIAN. Available at: https://spb.cian.ru/sale/commercial/324808159/ (accessed 19 September 2026). (In Russian).
11. Sale of a 775 sq. m production property on Neftyanaya Road. CIAN. Available at: https://spb.cian.ru/sale/commercial/324619234/ (accessed 19 September 2026). (In Russian).
12. Sale of a 360 sq. m production property on Neftyanaya Road. Akula.com. Available at: https://spb.akula.com/kupit/proizvod/pomescheniya/sankt-peterburg-neftyanaya-doroga-3-r10710787.html (accessed 19 September 2026). (In Russian).

Развитие моделей адаптивного управления в менеджменте: от кибернетического подхода к антихрупким системам

Михалева Мария Павловна
аспирант, кафедра труда и социальной политики ИГСУ, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), mmikhaleva-19@ranepa.ru,

Стрижов Станислав Алексеевич
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры труда и социальной политики ИГСУ, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), strijov@ranepa.ru

В условиях глобальной турбулентности, цифровизации и перехода от парадигмы VUCA к модели BANI традиционные кибернетические и адаптивные модели управления, направленные на возврат системы в состояние гомеостатического равновесия, теряют свою прогностическую и практическую ценность для инновационных предприятий. Авторами обоснована необходимость смены парадигмы: от «адаптации как гомеостазиса» к «антихрупкой итеративности», где стресс и управляемый хаос рассматриваются как триггеры эволюции. Предложена когнитивно-итеративная модель адаптивного управления, в которой микрооснованиями организационной гибкости выступают гибкость в обучении (Learning Agility) лидеров и циклы HADI, операционализирующие подход Evidence-Based Management. Доказано, что масштабирование адаптивных практик в российских инновационных компаниях требует отказа от жесткого централизованного контроля в пользу распределенной самоорганизации, опирающейся на психологическую безопасность и непрерывный обмен неявными знаниями, что позволяет трансформировать «цифровые кладбища» в живые среды для создания смыслов.

Ключевые слова: адаптивное управление, среда BANI, антихрупкость, динамические способности, гибкость в обучении, Learning Agility, инновационное развитие, управление знаниями, итеративные циклы, цифровая трансформация, технологический суверенитет.

Введение

Адаптивное управление перестало быть вспомогательной функцией и стало центральным условием существования социальных и экономических институтов в современной среде. Если на рубеже XX и XXI веков доминирующей рамкой описания турбулентности выступала модель VUCA (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous — волатильность, неопределенность, сложность, неоднозначность), то постпандемическая реальность, геополитические сдвиги и разрыв глобальных цепочек создания стоимости привели к формированию «Века Хаоса» [1]. На смену VUCA пришла модель BANI (Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible — хрупкость, тревожность, нелинейность, непостижимость), которая постулирует, что причинно-следственные связи разрушены, а исторические данные теряют предсказательную силу.

Масштаб происходящих сдвигов подтверждается глобальной статистикой. Согласно отчету Всемирного экономического форума, для ключевых управленческих ролей и специалистов по управлению человеческими ресурсами традиционные административные и операционные навыки стремительно обесцениваются под давлением автоматизации и алгоритмического управления. На первый план выходят кластеры навыков, напрямую коррелирующие с адаптивной парадигмой: аналитическое мышление (критично для 84% трансформирующихся ролей), лидерство и социальное влияние (66–73%), креативное мышление (65–67%), и, что наиболее показательно, «устойчивость, гибкость и адаптивность», которые отмечаются как критически важные для 68–88% ролей, подверженных трансформации. Перспектива непрерывного повышения квалификации, переквалификации и «разучивания» перестала быть дополнительной опцией HR-бренда, превратившись в базовую экзистенциальную метакомпетенцию.

Для инновационных предприятий, венчурных фондов и компаний, осуществляющих технологический трансфер, это означает фундаментальный сдвиг. Классические подходы к управлению инновациями, опирающиеся на линейное планирование, каскадные модели (Stage-Gate) и экстраполяцию прошлого опыта, ведут организации в «компетентную ловушку». В среде BANI системы не просто отклоняются от нормы — они внезапно разрушаются, а стресс носит не дозируемый, а тотальный характер. Традиционные метрики оценки инноваций, такие как дисконтированный денежный поток или статичный расчет ROI, оказываются несостоятельными, поскольку не способны учесть нелинейные риски и опционную стоимость гибкости. Это диктует необходимость переосмысления самой онтологии адаптивного управления: от поиска механизмов возврата системы в равновесие к созданию систем, способных извлекать пользу из хаоса, конвертировать неопределенность в прорывные инновации и обеспечивать технологический суверенитет.

1. Эволюция концепций: от кибернетики к обучающимся организациям и пределам управляемости

Исторически адаптивность в социальных и экономических системах осмыслялась через призму кибернетики. Н. Винер и У. Эшби заложили фундамент понимания адаптации как способности системы сохранять устойчивость за счет отрицательных обратных связей и гомеостатических механизмов. В менеджменте эта парадигма трансформировалась в концепцию «обучающейся организации» [2], где адаптация рассматривалась как процесс непрерывного создания и передачи знаний, позволяющий организации корректировать свое поведение на основе обратной связи. П. Сенге ввел важное разграничение между одноконтурным обучением (single-loop learning) — коррекцией действий в рамках существующих норм — и двухконтурным обучением (double-loop learning), при котором пересматриваются сами нормы, цели и ментальные модели организации. Фундаментальный вклад в понимание того, как неявные знания трансформируются в инновационные продукты, внесли И. Нонака и Х. Такеучи, описавшие модель SECI (социализация, экстернализация, комбинация, интернализация), которая стала стандартом для управления знаниями в инновационных компаниях на протяжении десятилетий [3].

Следующим этапом эволюции стало осознание того, что адаптация требует не только когнитивных, но и глубоких поведенческих изменений. Р. Хейфец провел жесткое разграничение между «техническими» проблемами, решаемыми применением лучших практик и привлечением экспертов, и «адаптивными» вызовами, требующими изменения ценностей и ментальных моделей стейкхолдеров [4]. Хейфец ввел понятие «удерживающей среды» — пространства, где уровень стресса дозируется так, чтобы мотивировать людей к изменениям, но не вызывать панику. Позднее А. Эдмондсон доказала, что фундаментом для такой среды и организационного обучения выступает «психологическая безопасность» — убежденность сотрудников в том, что межличностные риски и ошибки не повлекут за собой наказания [5].

Однако концепции Сенге, Нонаки и Хейфеца, будучи гениальными для среды VUCA, сталкиваются с эпистемологическим тупиком в среде BANI. Их модели неявно предполагают, что система способна «адаптироваться» и вернуться к новому состоянию равновесия. Но в условиях хрупкости и непо-

стижимости равновесие становится иллюзией, а попытка оптимизировать инновационные процессы под единый KPI или жесткий бюджет ведет к уничтожению избыточности, необходимой для выживания. Традиционные системы управления знаниями, создававшиеся для тиражирования явных лучших практик, в условиях непостижимости оказываются неспособными генерировать новые смыслы, поскольку прошлый опыт перестает быть надежным компасом. В условиях BANI критическую роль приобретает не накопление знаний, а способность к «разучиванию» — осознанному отказу от устаревших когнитивных схем, которые вчера обеспечивали успех, а сегодня блокируют инновации.

2. Переход к парадигме антихрупкой итеративности в инновационном менеджменте

В отличие от адаптивной системы, которая сопротивляется удару и остается прежней (или возвращается в исходное состояние), антихрупкая система использует стресс, волатильность и управляемые ошибки как триггер для эволюции и усиления конкурентных преимуществ [6]. В контексте управления инновациями и венчурными инвестициями это означает отказ от иллюзии долгосрочного контроля в пользу стратегии «штанги». Применительно к корпоративным инновационным фондам это означает сочетание параноидальной осторожности в защите базовых активов с агрессивным, лимитированным по ресурсам венчурным экспериментированием на периферии бизнеса.

Для операционализации этой парадигмы предлагается когнитивно-итеративная модель адаптивного управления, которая базируется на трех ключевых элементах, связывающих макроуровень стратегии с микроуровнем поведения лидера.

Элемент 1. Микрооснования динамических способностей и гибкость в обучении.

Опираясь на теорию Д. Тиса [7], можно утверждать, что организационная антихрупкость не существует в вакууме. Ее микрооснованиями выступают когнитивные паттерны лидеров. В условиях BANI лидеры должны обладать навыком «стратегического рефрейминга» — способности видеть не только угрозы в разрыве цепочек поставок или санкциях, но и скрытые окна возможностей для архитектурных инноваций. Ключевой метакомпетенцией здесь становится гибкость в обучении (Learning Agility) — измеримая способность руководителя извлекать смысл из травматичного опыта, развивать контрастные стили влияния и целенаправленно «разучиваться» (unlearning) устаревшим паттернам в условиях острого дефицита данных [8].

Эмпирические исследования подтверждают, что гибкость в обучении не является врожденной чертой, а представляет собой набор развиваемых поведенческих паттернов. Валидизация Шкалы гибкости в обучении лидерства (Leadership Learning Agility Scale, LLAS) выявила три ключевых фактора: активный поиск обратной связи и рефлексия над социальными взаимодействиями; целенаправленное развитие контрастных стилей влияния; фокус на развитии лидерского потенциала коллег. Следует подчеркнуть, что гибкость в обучении — это не просто когнитивная функция, а комплексная способность, включающая эмоциональный и социальный компоненты. Как отмечает Л. Кроль, развитие любой формы гибкости (эмоциональной, интеллектуальной, поведенческой) тесно связано с нейропластичностью мозга — способностью прокладывать новые нейронные пути через систематическое пробование непривычных действий и выход за пределы устоявшихся когнитивных «колей». Это означает, что гибкость в обучении может быть целенаправленно развита через структурированные практики, а не только отобрана при найме.

Именно когнитивный «иммунитет» лидера позволяет инновационной команде не просто выживать, но и генерировать прорывные идеи, конвертируя хаос в развитие.

Элемент 2. Итеративные циклы HADI как замена каскадному планированию и Stage-Gate.

Традиционная модель Stage-Gate, доминирующая в корпоративном инновационном менеджменте, предполагает жесткие «ворота» и прогнозирование ROI на ранних стадиях. В среде BANI это ведет к преждевременной конвергенции и убийству радикальных инноваций, которые на старте выглядят неэффективными. Адаптивное управление требует внедрения циклов HADI (Hypothesis — Action — Data — Insights). Руководитель формулирует управленческую или продуктовую гипотезу, применяет ее в коротком спринте, собирает эмпирические микроданные и извлекает инсайт. Ошибка в этой модели легитимизируется не как повод для наказания или потери инвестиций, а как ценнейший источник данных (сырье для фазы Data), предотвращающий неэффективные действия в будущем. Это полностью соответствует принципам Evidence-Based Management (EBM), где решения опираются на непрерывный поток эмпирических доказательств, а не на статичные бизнес-планы.

Элемент 3. Трансформация AMO-фреймворка и обмен неявными знаниями.

Классическая формула производительности (Ability, Motivation, Opportunity) в антихрупкой модели требует переосмысления. Как показывают исследования А. Бос-Нелес и коллег, «Возможность» (Opportunity) выступает не просто набором HR-практик, а сложным организационным контекстом [9]. В среде BANI отсутствие «Возможности» (права на ошибку, психологической безопасности) обнуляет даже высочайшие способности и мотивацию инноваторов. Исследования П. Гудерхэма и коллег подтверждают, что именно внутренняя мотивация и воспринимаемые возможности являются ключевыми драйверами обмена неявными знаниями, который критически важен для формирования индивидуальной и организационной компетентности [10]. В инновационных R&D-командах именно неявные знания становятся главным источником прорывов. Следовательно, задача адаптивного управления — не просто обучать персонал, а локально проектировать среду, компенсируя инерционность глобальных бюрократических систем и стимулируя горизонтальный обмен знаниями.

3. Вызовы масштабирования и институциональные барьеры в российских инновационных компаниях

Практическое внедрение предложенной модели в российских инновационных компаниях сталкивается с серьезными институциональными барьерами. Как показывают исследования, несмотря на высокий уровень цифровизации, корпоративные системы управления знаниями в российских компаниях часто функционируют как статичные репозитории устаревшей информации («цифровые кладбища»), а не как живые среды для совместного создания смыслов. Механическое внедрение IT-платформ без изменения управленческой культуры и без формирования доверия приводит к росту цинизма и имитации инновационной деятельности. Инновации не могут быть спущены «сверху» в виде регламента; они требуют среды, где поощряется когнитивный конфликт и разнообразие мнений.

Более того, наблюдается парадокс цифровизации. Автоматизация рутинных процессов с помощью искусственного интеллекта и виртуальных ассистентов высвобождает значительные временные ресурсы руководителей, сокращая затраты времени на стандартные кадровые операции с 45 до 11–15 минут. Однако без применения итеративных методологий, таких как цикл HADI, это высвобожденное время расходуется на мелочный контроль, а не на стратегическое наставничество и осмысление сложных управленческих ситуаций. Цифровые инструменты должны выступать не самоцелью, а ключевым катализатором для этапа сбора данных в цикле HADI, обеспечивая непрерывный мониторинг детализированных показателей поведения команды и реакции рынка в режиме реального времени. Интеграция гибких подходов в процессы наставничества и корпоративного обучения позволяет снизить административную нагрузку и перенаправить усилия руководителей на стратегическое развитие команд.

Адаптивное управление невозможно в парадигме «контроля и командования». Иерархия должна трансформироваться: из инструмента тотального контроля она должна стать структурой для координации обучающих процессов и устранения препятствий для самоорганизующихся команд. Инвестиции в инновации должны смещаться от финансирования детальных бизнес-планов к инвестированию в «антихрупких» людей и команды, обладающие высокой гибкостью в обучении. Особую роль здесь играет эмоциональный интеллект лидера, который в условиях тотальной тревожности берет на себя функцию буфера, защищающего команду от выгорания и сохраняющего фокус на долгосрочных инновационных целях.

Российский контекст обладает своей спецификой. Исследования тенденций использования Agile-методологий показывают, что наибольшее проникновение гибких подходов наблюдается в IT-секторе, где около 90% компаний применяют те или иные Agile-практики, однако в других отраслях и в государственном управлении этот процесс идет значительно медленнее. Российские компании редко используют Agile в «чистом» виде: наиболее распространены гибридные модели, сочетающие стандартные подходы с собственными разработками, что свидетельствует о попытках адаптировать западные методологии к локальным условиям. Ключевыми барьерами внедрения выступают недостаток квалифицированных специалистов, сопротивление изменениям со стороны среднего менеджмента и несовпадение гибких подходов с традиционными корпоративными структурами. При этом сами по себе инструменты проектного управления и цифровизации не гарантируют успеха цифровой трансформации бизнеса без параллельного изменения управленческой культуры и готовности лидеров к делегированию и принятию рисков.

В этих условиях циклы HADI выступают не просто инструментом развития, но и механизмом преодоления институциональных барьеров: они позволяют лидеру создавать локальные «удерживающие среды» внутри своих команд, где эксперименты безопасны, а обратная связь опирается на объективные цифровые данные, а не на субъективные иерархические оценки. Это особенно критично в условиях курса на технологический суверенитет, где цена ошибки при выборе неверного вектора НИОКР катастрофически высока. Только распределенная сеть быстрых итеративных гипотез, защищенная стратегией «штанги», позволяет найти работающее решение, минимизируя фатальные риски и максимизируя вероятность технологического прорыва.

Заключение

Эволюция концепций адаптивного управления демонстрирует сдвиг от коррекции ошибок через обратную связь (кибернетика) к созданию условий для непрерывного экспериментирования и самоорганизации (антихрупкая итеративность). Понимание этой методологической эволюции позволяет избежать слепого копирования технических решений в социальную сферу и формировать инновационные экосистемы, устойчивые к шокам. Для корпоративных и венчурных инвесторов это означает переход от оценки статичных бизнес-моделей к оценке когнитивной гибкости и гибкости в обучении команд, стоящих за этими моделями.

Перспективы дальнейшего изучения видятся в трёх направлениях. Во-первых, разработка метрик антихрупкости и адаптивности социальных систем, позволяющих измерять способность организации к двухконтурному пересмотру норм и целей. Во-вторых, эмпирическая проверка предложенной когнитивно-итеративной модели на примере российских компаний, функционирующих в условиях технологического суверенитета и санкционного давления, с целью выявления факторов, способствующих трансформации «цифровых кладбищ» в живые инновационные среды. В-третьих, исследование механизмов масштабирования адаптивных практик: как циклы HADI и механизмы психологической безопасности, эффективные на уровне отдельных R&D-команд, могут быть интегрированы в архитектуру крупных корпораций и государственных корпораций без потери скорости, гибкости и способности к радикальным инновациям.

Литература

1. Cascio, J. Facing the Age of Chaos / J. Cascio // Medium. – 2020. – URL: https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d (дата обращения: 30.08.2026).
2. Senge, P. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. Random House Books, 2006.
3. Nonaka I., Takeuchi H. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford : Oxford University Press, 1995. 284 p.
4. Heifetz, R. A. Leadership Without Easy Answers / R. A. Heifetz. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 1994.
5. Edmondson A. Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams // Administrative Science Quarterly. 1999. Vol. 44, No. 2. P. 350-383.
6. Taleb, N. N. Antifragile: Things That Gain from Disorder / N. N. Taleb. – New York : Random House, 2012.
7. Teece, D.J. (2007), Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strat. Mgmt. J., 28: 1319-1350. https://doi.org/10.1002/smj.640
8. Dam, Sophie & Oostrom, Janneke & Jansen, Paul. (2022). Development and validation of the leadership learning agility scale. Frontiers in Psychology. 13. 991299. 10.3389/fpsyg.2022.991299
9. Bos-Nehles, A., Townsend, K., Cafferkey, K., & Trullen, J. (2023) Examining the Ability, Motivation and Opportunity (AMO) framework in HRM research: Conceptualization, measurement and interactions. International Journal of Management Reviews, 25, 725–739. https://doi.org/10.1111/ijmr.12332
10. Gooderham, Paul & Pedersen, Torben & Sandvik, Alexander & Dasí, Àngels & Elter, Frank & Hildrum, Jarle. (2022). Contextualizing AMO Explanations of Knowledge Sharing in MNEs: The Role of Organizational and National Culture. Management International Review. 62. 1-26. 10.1007/s11575-022-00483-0.

The Evolution of Adaptive Management Models: From the Cybernetic Approach to Antifragile Systems

Mikhaleva M.P., Strizhov S.A.

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

In the context of global turbulence, digitalization, and the transition from the VUCA paradigm to the BANI model, traditional cybernetic and adaptive management models aimed at returning the system to a homeostatic equilibrium are losing their predictive and practical value for innovative enterprises. The purpose of this study is to identify the epistemological limitations of classical theories of adaptive management and to develop the conceptual foundations of a new paradigm capable of ensuring survival and innovation generation in conditions of brittleness and nonlinearity. The methodological basis includes the methods of theoretical synthesis, conceptual modeling, and critical literature review. The author substantiates the necessity of a paradigm shift: from "adaptation as homeostasis" to "antifragile iterativity," where stress and managed chaos are considered as triggers for evolution. A cognitive-iterative model of adaptive management is proposed, in which the micro-foundations of organizational agility are the Learning Agility of leaders and HADI cycles (Hypothesis-Action-Data-Insights), which operationalize the Evidence-Based Management approach. It is proven that scaling adaptive practices in Russian innovative companies requires abandoning rigid centralized control in favor of distributed self-organization based on psychological safety and continuous exchange of tacit knowledge, allowing the transformation of "digital graveyards" into living environments for meaning creation. The results of the study can be used in developing technological development strategies, managing innovation portfolios, and building the organizational architecture of companies operating under sanctions and technological sovereignty conditions.

Keywords: adaptive management, BANI environment, antifragility, dynamic capabilities, learning agility, self-organization, knowledge management, iterative cycles, digital transformation, technological sovereignty.

References

1. Cascio, J. Facing the Age of Chaos / J. Cascio // Medium. – 2020. – URL: https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d (access date: 08/30/2026).
2. Senge, P. The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. Random House Books, 2006.
3. Nonaka I., Takeuchi H. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford: Oxford University Press, 1995. 284 p.
4. Heifetz, R. A. Leadership Without Easy Answers / R. A. Heifetz. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.
5. Edmondson A. Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams // Administrative Science Quarterly. 1999. Vol. 44, No. 2. P. 350-383.
6. Taleb, N. N. Antifragile: Things That Gain from Disorder / N. N. Tal-eb. – New York: Random House, 2012.
7. Teece, D.J. (2007), Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strat. mgmt. J., 28: 1319–1350. https://doi.org/10.1002/smj.640
8. Dam, Sophie & Oostrom, Janneke & Jansen, Paul. (2022). Development and validation of the leadership learning agility scale. Frontiers in Psychology. 13. 991299. 10.3389/fpsyg.2022.991299
9. Bos-Nehles, A., Townsend, K., Cafferkey, K., & Trullen, J. (2023) Examining the Ability, Motivation and Opportunity (AMO) framework in HRM research: Conceptualization, measurement and interactions. International Journal of Management Reviews, 25, 725–739. https://doi.org/10.1111/ijmr.12332
10. Gooderham, Paul & Pedersen, Torben & Sandvik, Alexander & Dasí, Àngels & Elter, Frank & Hildrum, Jarle. (2022). Contextualizing AMO Explanations of Knowledge Sharing in MNEs: The Role of Organizational and National Culture. Management International Review. 62.1-26. 10.1007/s11575-022-00483-0.

Разработка комплексной модели оценки эффективности управления персоналом банка

Никольский Кирилл Дмитриевич
аспирант, кафедра предпринимательства и конкуренции, факультет Бизнеса, «Московский университет «Синергия»», ker1999@yandex.ru

В современных экономических условиях, характеризующихся глубокой структурной трансформацией, дефицитом квалифицированных кадров и внедрением цифровых экосистем, традиционные методы управления персоналом в банковской сфере стремительно утрачивают свою результативность. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью перехода от фрагментарных кадровых метрик к комплексным системам оценки, учитывающим как экономическую, так и социальную отдачу от человеческого капитала. Суть работы заключается в выявлении ключевых кадровых проблем кредитных организаций, включая острую нехватку профильных специалистов, высокую ручную трудоемкость кассового обслуживания, рост внутрикорпоративных конфликтов и снижение эффективности систем материальной и нематериальной мотивации. В статье проанализированы показатели прибыльности и цифровизации финансового сектора, а также структура клиентских претензий, прямо свидетельствующая о системных кадровых разрывах во фронт-офисе. Основным результатом исследования стала разработка комплексной модели оценки эффективности управления персоналом. Данная модель интегрирует инструменты коэффициентно-балльной оценки, вероятностный подход к прогнозированию мотивационных реакций сотрудников, автоматизированные системы непрерывного внутреннего аудита и адаптацию передовых международных практик Performance Management. Применение предложенной модели позволит банкам объективно измерять результативность труда, минимизировать негативное влияние человеческого фактора на операционную надежность, оптимизировать издержки и удержать высококвалифицированное кадровое ядро в условиях макроэкономической нестабильности.

Ключевые слова: управление персоналом, банковская сфера, человеческий капитал, цифровизация, операционная надежность, кассовое обслуживание, внутренний аудит.

Введение

Финансовый рынок выступает базовым звеном национального хозяйственного устройства, концентрирующим капитал и поддерживающим инвестиционный импульс экономики. Устойчивое функционирование банковской системы напрямую зависит от качества человеческого капитала, уровня профессиональных компетенций персонала и эффективности внедренных систем внутренней мотивации [1, с. 2928]. В 2026 году отрасль продолжает глубокую технологическую трансформацию, требующую масштабных вложений в IT-инфраструктуру, непрерывного переобучения сотрудников и радикальной перестройки всех бизнес-процессов.

Смещение фокуса кредитных организаций на построение цифровых экосистем сопряжено с критическим обострением дефицита профильных кадров. Конкурентное давление и макроэкономическая неустойчивость требуют от банков более высокой результативности, в то время как свободные трудовые резервы на рынке практически исчерпаны. В этих условиях традиционные экстенсивные методы управления персоналом окончательно утратили свою эффективность. Глобальные исследования подтверждают, что инвестиции в развитие человеческих ресурсов (HRD) оказывают прямое влияние на организационные показатели. Например, исследование банковского сектора Ганы, охватившее 254 сотрудника, показало, что практики HRD имеют прямое положительное влияние на компетенции персонала и общую производительность труда [9, с. 63]. Аналогичные данные получены в банковском секторе Иордании, где статистический анализ (Smart PLS) подтвердил существенное положительное влияние корректирующих действий и обратной связи на итоговую результативность сотрудников [8, с. 90]. Цель данного исследования - на основе актуальных статистических данных выявить современные проблемы кадрового менеджмента в финансовом секторе России и разработать комплексный механизм их устранения, опираясь на интеграцию автоматизированных решений и передовой международный опыт в сфере риск-ориентированного контроля и оценки эффективности (Performance Management).

Материалы и методы

Методологическую базу исследования составили принципы системного анализа, процессного подхода и статистического моделирования. Оценка экономического потенциала финансового рынка базировалась на эмпирических данных и статистических прогнозах доходности и цифровизации за период 2024–2026 годов. Изучение влияния человеческого фактора на операционную надежность проводилось с применением коэффициентно-балльной модели количественной оценки управленческого аппарата [2, с. 116]. Анализ внутренних противоречий в коллективах опирался на теорию корпоративных конфликтов и вероятностный подход к мотивации, позволяющий прогнозировать реакции сотрудников на управленческие решения [4, с. 1221; 6, с. 1288]. Изучение международных практик управления эффективностью (PMS) строилось на анализе кейсов зарубежных банковских структур (Пакистан, Гана, Иордания) с применением методов структурного моделирования (PLS-SEM), позволяющих математически обосновать влияние HR-метрик на результативность кредитных организаций [9, с. 59; 10, с. 110; 11, с. 105; 12, с. 196].

Результаты и обсуждения

Развитие банковского сектора характеризуется одновременным ростом прибыльности и беспрецедентным усилением технологической нагрузки на персонал. Оценка стоимости человеческого капитала и его влияния на рентабельность требует точного учета нематериальных активов, которые могут составлять до 90% рыночной стоимости современных высокотехнологичных компаний [5, с. 26].

Таблица 1
Показатели прибыльности и цифровизации секторов финансового рынка (2024–2026 гг.)

Сектор финансового рынка	Прибыль 2024 г. (млрд руб.)	Прибыль 2025 г. (млрд руб.)	Прогноз на август 2026 г. (млрд руб.)	Рентабельность капитала (ROE, %)	Уровень цифровизации (2026 г., %)
Банки	1050	1100	1180	22,4	78
Страховые компании	360	385	405	20,1	71
Инвестиционные фонды	95	110	130	24,8	83
Негосударственные пенсионные фонды	130	145	158	16,9	64
Микрофинансовые организации	28	32	38	18,5	58

Анализ данных таблицы 1 показывает, что совокупный финансовый результат указанных отраслей к августу 2026 года продолжает стабильно расти, при этом на банковский сектор по-прежнему приходится доминирующая

доля всей сгенерированной прибыли. Усредненный рыночный показатель внедрения цифровых технологий в банках достиг 78%. Столь интенсивное внедрение информационных систем требует радикального пересмотра кадровых политик, поскольку классический линейный персонал зачастую не обладает необходимыми цифровыми компетенциями.

Несмотря на глобальную цифровизацию, одной из наиболее проблемных и ресурсоемких зон остается кассовое обслуживание клиентов. Данный комплекс процедур характеризуется колоссальной ручной трудоемкостью. Выделяются следующие критические проблемы в данной сфере:

раздутый бумажный документооборот, обрабатываемый кассирами вручную;

значительные финансовые издержки на логистику и транспортировку наличных средств;

снижение клиентоориентированности из-за загруженности персонала рутинными операциями в ущерб выявлению реальных финансовых потребностей клиентов;

сложность адаптации персонала к нормативно-правовой базе.

Хроническая перегруженность сотрудников фронт-офиса напрямую конвертируется в корпоративные конфликты и репутационные потери. Анализ показывает, что неразрешенные межличностные и межгрупповые конфликты приводят к сбоям в работе целых подразделений [6, с. 1289]. В таблице 2 проанализирована структура претензий потребителей на примере агрегированных данных крупных кредитных организаций.

Таблица 2
Структура клиентских отзывов по категориям банковских услуг

Категория клиентских отзывов	Количество обращений	Доля в общем массиве (%)
Обслуживание (работа персонала)	1450	41,12
Ипотечное кредитование	920	26,09
Кредиты наличными	310	8,79
Дебетовые и кредитные карты	455	12,90
Дистанционное обслуживание	391	11,10

Данные таблицы 2 демонстрируют глубокий управленческий разрыв. Более 41% негативных откликов связаны именно с качеством обслуживания, коммуникативными провалами и конфликтами с персоналом на местах. Для преодоления этих проблем необходимо применять структурные методы разрешения конфликтов, включая регламентацию должностных обязанностей и развитие внутрикорпоративных коммуникаций [6, с. 1292].

Сложности в операционном блоке усугубляются ростом организационных рисков. Для оценки качества управленческого персонала целесообразно применять коэффициентно-балльную модель. Данная модель включает пять основных показателей: эффективность организации труда, удельный вес управленческого персонала, долю административных расходов, качество принимаемых решений и эффективность систем мотивации. Расчет данных коэффициентов позволяет выявить кризисные зоны. Например, показатель эффективности организации труда рассчитывается как соотношение темпа роста чистой прибыли к темпу роста заработной платы, и значение менее единицы свидетельствует о кризисе в управлении [2, с. 119].

Переход на систему «эффективного контракта» является одним из методов повышения производительности. Однако анализ факторов развития системы управления человеческими ресурсами показывает, что внедрение эффективных контрактов сопровождается типичными ошибками: отсутствием четких индикаторов результативности (KPI), нарушением процедур уведомления сотрудников об изменении условий труда и использованием срочных договоров вместо бессрочных. Оценка компетенций персонала должна проводиться на основе четких балльных систем, учитывающих лидерство, профессиональные качества, командную работу и ориентацию на клиента [3, с. 63]. Оценка стоимости человеческого капитала может производиться несколькими методами: методом прямых затрат на персонал, методом конкурентной оценки и методом перспективной стоимости [5, с. 32].

С психологической точки зрения мотивация имеет вероятностную природу. Работник постоянно делает выбор между альтернативными возможностями удовлетворения своих потребностей: смириться с решением руководства, снизить производительность, выразить протест или сменить место работы [4, с. 1220]. Вероятность нужной для администрации реакции сотрудника можно рассчитать по
формуле $P = 1/A \times K_{ind}$, где A - количество доступных альтернативных решений, а K_{ind} - комплексный коэффициент мотивации, учитывающий уровень квалификации, психотип, ситуативные факторы, ожидания и восприятие справедливости [4, с. 1221].

Обсуждение

Синтез российского и международного опыта показывает, что преодоление кадрового кризиса невозможно без системной оценки эффективности (Performance Management). Исследование банковского сектора Пакистана выявило, что 76% банковских служащих полностью отстранены от участия в постановке стандартов оценки их собственного труда [11, с. 122]. В банке Alfalah 73% сотрудников подтвердили отсутствие регулярной обратной связи с руководителями по итогам оценки, а сама система базируется на субъективном фаворитизме [7, с. 120]. Отсутствие прозрачных критериев приводит к восприятию системы как необъективной, что резко снижает лояльность персонала [11, с. 124]. И наоборот, формализованные системы оценки (PMS), внедренные в Bank Al-Habib, позволили сбалансировать индивидуальные цели сотрудников со стратегией банка, опираясь на систему измеримых показателей [12, с. 200]. Правильное применение PMS напрямую влияет на финансовые показатели, качество обслуживания и удовлетворенность персонала [10, с. 113].

В банковском секторе Ганы доказано, что программы развития человеческих ресурсов (HRD) не просто повышают навыки, но и через рост компетенций прямо влияют на итоговую производительность (эффект медиации компетенций составил 0.203) [9, с. 63]. Аналогично, в банках Иордании подтверждена критическая важность коммуникации стандартов и регулярной обратной связи для улучшения работы [8, с. 90].

Решение проблемы высокой трудоемкости кассового обслуживания лежит в плоскости аппаратного самообслуживания. Снижение логистических издержек и минимизация рутинных операций возможны за счет внедрения специализированного программного обеспечения. Высвобожденный временной ресурс фронт-офиса необходимо направить на повышение качества сервиса через регулярные бизнес-тренинги.

В сфере внутреннего контроля необходим переход к риск-ориентированному аудиту. Использование автоматизированных систем позволяет интегрировать контрольные процедуры непосредственно в бизнес-процессы, переходя от выборочного ручного тестирования к полному автоматическому анализу всех транзакций. Для региональных банков эффективной альтернативой выступает коэффициентно-балльный метод и процессно-событийный подход к оценке операционных рисков.

Заключение

Подводя итог проведенному исследованию, необходимо констатировать, что современная банковская система функционирует в условиях жесткого давления двух факторов: экспоненциального роста требований к цифровизации и критического истощения рынка труда при историческом минимуме безработицы. Стратегическая устойчивость кредитных организаций требует тотальной технологической оптимизации рутинных процессов. Перевод обслуживания в рамки аппаратного самообслуживания и внедрение систем непрерывного риск-ориентированного аудита позволяют минимизировать негативное влияние человеческого фактора. Высвобожденные финансовые ресурсы должны направляться на удержание высококвалифицированного кадрового ядра через прозрачные механизмы эффективных контрактов, программы предиктивного управления организационными конфликтами с использованием вероятностных моделей мотивации и адаптацию передовых международных практик Performance Management. Исключительно синергия глубокой процессной автоматизации и научно обоснованного, индивидуализированного подхода к персоналу обеспечит банкам сохранение целевой рентабельности и операционной надежности в условиях нестабильной макроэкономической конъюнктуры.

Литература

1. Евдохина О. С., Кузнецова Н. А., Зинич Л. В. Направления повышения эффективности использования человеческого капитала банков // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11. № 12. С. 2927–2942.
2. Жданов В. Ю. Разработка коэффициентно-балльной модели оценки персонала // Индустриальная экономика. 2022. Т. 2. № 2. С. 116–120.
3. Мироненко В. В., Рогуленко Т. М. Анализ факторов развития системы управления человеческими ресурсами // Учет. Анализ. Аудит. 2025. Т. 12. № 4. С. 59–72.
4. Оглоблин В. А. Вероятностный подход к теориям мотивации // Baikal Research Journal. 2025. Т. 16. № 3. С. 1215–1224.
5. Цвигунова О. С., Кичигина И. М., Таскаева Д. В. Управление на основе теории конфликтов: современные тенденции в банковской сфере // Baikal Research Journal. 2024. Т. 15. № 3. С. 1287–1295.
6. Mughal F., Akram F., Ali S. S. Implementation and Effectiveness of Performance Management System in Alfalah Bank // Journal of Public Administration and Governance. 2024. Т. 4. № 4. С. 111–122.
7. Rahahleh A. H., Alabaddi Z. A., Moflih M. A. The Impact of Performance Appraisal on Employee Performance in Banks Operating in the South of Jordan // International Journal of Human Resource Studies. 2022. Т. 9. № 4. С. 77–94.
8. Yamoah E. E., Amoako B. Impact of Human Resource Development Practices on Employee Performance in Ghana's Community Banking Sector // Journal of Human Resource Management. 2024. Т. 27. № 2. С. 52–68.
9. Yaseen A. Performance Management Practices And Its Impact On Banks' Performance In Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2022. Т. 5. № 4. С. 110–127.
10. Yaseen A., Afghan S. Determinants of Performance Management Practices: A Case Study of National Bank of Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2022. Т. 6. № 1. С. 105–120.
11. Yaseen A., Afghan S. Performance Management Practices: A Case Study of Bank Al-Habib Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2022. Т. 6. № 2. С. 196–222.

Development of a comprehensive model for assessing the effectiveness of human resource management in a bank

Nikolsky K.D.
Moscow University "Synergy" (Private Educational Institution of Higher Education)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

In modern economic conditions characterized by profound structural transformation, a shortage of qualified personnel, and the implementation of digital ecosystems, traditional methods of personnel management in the banking sector are rapidly losing their effectiveness. The relevance of this study is driven by the need to transition from fragmented HR metrics to comprehensive evaluation systems that account for both the economic and social returns on human capital. The essence of the work lies in identifying the key HR problems of credit institutions, including an acute shortage of specialized professionals, the high manual labor intensity of cash services, the growth of internal corporate conflicts, and the decline in the effectiveness of motivation systems. The article analyzes the profitability and digitalization indicators of the financial sector as of August 2026, as well as the structure of client complaints, which directly indicates systemic HR gaps in the front office. The main result of the study is the development of a comprehensive model for evaluating the effectiveness of personnel management. This model integrates coefficient-point assessment tools, a probabilistic approach to forecasting employee motivational reactions, automated continuous internal audit systems, and the adaptation of advanced international Performance Management practices. The application of the proposed model will allow banks to objectively measure labor efficiency, minimize the negative impact of the human factor on operational reliability, optimize costs, and retain a highly qualified core staff amid macroeconomic instability.

Keywords: personnel management, banking sector, human capital, digitalization, operational reliability, cash services, internal audit.

References

1. Evdokhina O. S., Kuznetsova N. A., Zinich L. V. Directions for improving the efficiency of using the human capital of banks // Economics, entrepreneurship and law. 2021. V. 11. No. 12. P. 2927–2942.
2. Zhdanov V. Yu. Development of a coefficient-point model for personnel assessment // Industrial economics. 2022. V. 2. No. 2. P. 116–120.
3. Mironenko V. V., Rogulenko T. M. Analysis of factors in the development of human resource management systems // Accounting. Analysis. Audit. 2025. V. 12. No. 4. P. 59–72.
4. Ogloblin V. A. Probabilistic approach to motivation theories // Baikal Research Journal. 2025. V. 16. No. 3. P. 1215–1224.
5. Tsvigunova O. S., Kichigina I. M., Taskaeva D. V. Management based on conflict theory: modern trends in the banking sector // Baikal Research Journal. 2024. V. 15. No. 3. P. 1287–1295.
6. Mughal F., Akram F., Ali S. S. Implementation and Effectiveness of Performance Management System in Alfalah Bank // Journal of Public Administration and Governance. 2014. V. 4. No. 4. P. 111–122.
7. Rahahleh A. H., Alabaddi Z. A., Moflih M. A. The Impact of Performance Appraisal on Employee Performance in Banks Operating in the South of Jordan // International Journal of Human Resource Studies. 2019. V. 9. No. 4. P. 77–94.
8. Yamoah E. E., Amoako B. Impact of Human Resource Development Practices on Employee Performance in Ghana's Community Banking Sector // Journal of Human Resource Management. 2024. V. 27. No. 2. P. 52–68.
9. Yaseen A. Performance Management Practices And Its Impact On Banks' Performance In Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2015. V. 5. No. 4. P. 110–127.
10. Yaseen A., Afghan S. Determinants of Performance Management Practices: A Case Study of National Bank of Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2016. V. 6. No. 1. P. 105–120.
11. Yaseen A., Afghan S. Performance Management Practices: A Case Study of Bank Al-Habib Pakistan // International Journal of Human Resource Studies. 2016. V. 6. No. 2. P. 196–222.

Кластерно-гибридная модель товарных рекомендаций для корпоративных онлайн-закупок

Моисеев Никита Александрович
доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, moiseev.na@rea.ru,

Одоевский Иван Игоревич
аспирант кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, odoivan98@gmail.com

Объектом исследования выступают рекомендательные системы корпоративных электронных торговых платформ, предметом – методы ранжирования товарных категорий при разреженной истории закупок и неоднородности клиентской базы. Цель работы состоит в разработке и вычислительной проверке кластерно-гибридной модели, объединяющей item-based коллаборативную фильтрацию, групповой профиль K-Prototypes, отраслевой приор и штраф за глобальную популярность. Эксперимент проведён на полностью воспроизводимой синтетической панели из 2000 корпоративных клиентов и 25 000 транзакций по 12 товарным категориям. События каждого клиента разделены во времени на обучающую, валидационную и тестовую части в пропорции 60/20/20. Качество оценивалось по Precision@5, Recall@5, NDCG@5, охвату каталога, доле непопулярных категорий и нормированной энтропии распределения экспозиций. Предложенная модель достигла NDCG@5 = 0,4650 против 0,4068 у ранжирования по популярности, 0,4029 у кластерного метода и 0,3464 у item-based коллаборативной фильтрации. Прирост относительно сильнейшего базового решения составил 0,0582; 95%-й бутстреп-интервал [0,0470; 0,0695]. При этом нормированная энтропия экспозиций увеличилась с 0,6477 до 0,9067, а доля категорий «длинного хвоста» – с нуля до 0,2447. Научная новизна состоит в сочетании сегментации, персонализации и коррекции смещения популярности в одном ранжирующем контуре. Результаты подтверждают работоспособность метода в контролируемой среде, но не являются оценкой производственного эффекта без апробации на реальных данных.

Ключевые слова: B2B-электронная коммерция, K-Prototypes, неявная обратная связь, смещение популярности, энтропия экспозиции, синтетические данные, ранжирование.

Финансирование. Данное исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ на тему «Методы и алгоритмы искусственного интеллекта в решении задач моделирования и прогнозирования динамики сложных социально-экономических систем», номер проекта FSSW-2026-0004.

Введение

Развитие цифровых торговых платформ постепенно изменяет саму логику межфирменной торговли. Если первые B2B-витрины фактически переносили в сеть бумажный каталог, то современная платформа должна сокращать издержки поиска, учитывать профиль организации и предлагать следующее целесообразное действие.

Несмотря на внешнее сходство интерфейсов электронной коммерции, закупки в сегменте B2B подчинены другой институциональной логике. Вектор взаимодействия здесь смещается в сторону многоуровневого утверждения сделок, параметры которых строго детерминированы генеральными соглашениями, специальными тарифными сетками и графиками снабжения. Различия между B2C и B2B подробно рассматриваются в отечественных работах по электронной торговле [6].

Исторически большинство алгоритмов развивалось на данных B2C. Матричная факторизация, коллаборативная фильтрация и парное ранжирование стали фундаментом для фронтирных систем [7; 15; 17; 5], а гибридизация закрепилась как способ соединить разнородные источники информации [8].

Первые специализированные работы по B2B предлагали строить систему вокруг бизнес-правил, доменных знаний и интеграции с корпоративными процессами [21], что привело к появлению гибридных моделей доверия, объединяющие сигналы от пользователей и товаров [19], а также графовых архитектур для поиска потенциальных клиентов [10]. Так, проект IndiaMART важен тем, что показывает не только алгоритм, но и эксперимент: доля принятых запросов в первых 25 позициях там выросла на 8,2% [12]. Этот результат нельзя однозначно и механически переносить на российские каталоги, но он задаёт правильное логику доказательства: офлайн-метрики должны завершаться контролируемой проверкой.

В современных разработках российских ученых последних лет акцент также смещается от общих рассуждений к количественно-измеримым моделям [2; 3; 4]. Однако, методический разрыв между сегментацией клиентов, персональным ранжированием и управлением смещением популярности остаётся недостаточно формализованным.

Отдельной проблемой является смещение в сторону бестселлеров. На данных с неравномерным спросом модель склонна снова и снова возвращать наиболее популярные позиции в списке номенклатуры. В итоге алгоритм усиливает историческую концентрацию [16]. Для B2B-каталога это означает, что нишевая запасная часть или отраслевой расходник могут быть исключены из видимой части рекомендаций, хотя именно они генерируют выручку для узкого сегмента. Поэтому оценка должна принимать во внимание не только точность, но и разнообразие, новизну и охват [14].

Энтропия Шеннона – функционал от вектора вероятностей, который характеризует неопределённость, а не заменяет само распределение [20]. В настоящей работе она используется строго как системная метрика равномерности распределения экспозиций. Она не трактуется как автоматический индикатор полезности отдельной рекомендации.

Так, кластерный профиль, индивидуальная история и отраслевой контекст обычно описываются раздельно, хотя каждый из этих сигналов отвечает на разный вопрос: что покупают схожие клиенты, что покупал конкретный клиент и что в принципе характерно для его отрасли. Гипотеза авторов состоит в том, что их линейная комбинация с явной коррекцией популярности повышает точность следующей покупки без резкого снижения разнообразия выдачи.

Цель данного исследования – разработать и проверить кластерно-гибридную модель товарных рекомендаций для B2B-каталога. Объектом исследования являются процессы персонализированного ранжирования товарных категорий на корпоративной платформе, а предметом – метод объединения поведенческого, кластерного и отраслевого скоров. Для достижения цели формализуются данные и алгоритм, выполняется временное тестирование, сравниваются четыре метода, и оценивается устойчивость результата при пяти независимых случайных зёрнах.

Научная новизна работы заключается в трёх взаимосвязанных элементах. Во-первых, кластеризация будет рассматриваться не как однозначная замена коллаборативной фильтрации, а как структурный приор. Во-вторых, в одном скоре будет учитываться история совместных покупок, профиль кластера и отраслевая структура спроса. В-третьих, коррекция популярности оценивается одновременно как по ранговым метрикам, так и по распределению экспозиций. Практическая значимость состоит в том, что модель может быть реализована как прозрачный слой повторного ранжирования поверх уже существующего кандидатного механизма.

Материалы и методы

Дизайн исследования и данные

Исследование построено как эксперимент с синтетической панелью транзакций. При таком выборе отсутствует возможность апробации на данных компании, но позволяет, и однозначно описать процедуру, и сохранить контроль над структурой данных, и проверить саму алгоритмическую гипотезу.

Панель содержит 2000 клиентов и 25 000 последовательных транзакций по 12 товарным категориям, для каждой организации заданы отрасль, федеральный округ, размер по выручке, уровень цифровой зрелости и индивидуальная склонность к возвратам, отраслевые и региональные доли используются как сценарные параметры, а не как эмпирическая оценка генеральной совокупности. Отчёт Data Insight привлекается для обоснования масштаба и неоднородности рынка, но не рассматривается как источник микроданных [1].

Транзакционная активность зависит от размера компании и цифровой зрелости. Каждому клиенту гарантировано не менее семи событий; оставшиеся события распределены пропорционально индексу активности. Вероятность выбора товарной категории складывается из четырёх компонентов: латентного архетипа закупок с весом 0,48, отраслевого профиля с весом 0,32, индивидуального дирихлевского вектора с весом 0,15 и глобальной популярности с весом 0,05. Данная конструкция создаёт и групповую закономерность, и индивидуальное отклонение от неё.

Для каждого клиента события упорядочены по месяцу и внутреннему номеру. Первые 60% используются для обучения, следующие 20% – для выбора весов гибридной модели, последние 20% – для единственной итоговой оценки. Случайное перемешивание строк не используется, так как оно привело бы к утечке информации о будущих покупках. После настройки обучающая и валидационная части объединяются, модель переобучается, а тестовые события остаются неприкосновенными.

Таблица 1
Параметры синтетической панели

Параметр	Значение	Назначение
Клиенты / транзакции	2 000 / 25 000	Контролируемый масштаб и разреженность
Товарные категории	12	Объекты ранжирования
Отрасли / регионы / размеры	8 / 8 / 4	Категориальный профиль организации
Числовые признаки	5	Частота, чек, объём, зрелость, возвраты
Временное разделение	60/20/20	Обучение, валидация, отложенный тест
Случайное зерно	20260813	Воспроизводимость основного прогона

Источник: разработано авторами.

Кластеризация клиентов

Клиентский профиль содержит пять числовых признаков: логарифм числа транзакций, логарифм среднего чека, логарифм общего объёма закупок, цифровую зрелость и наблюдаемую долю возвратов. Перед K-Means признаки стандартизуются. Алгоритм K-Prototypes дополнительно включает отрасль, регион и размер компании. Он минимизирует сумму квадратов евклидовых расстояний по числовой части и число несовпадений по категориальной. Коэффициент несовпадения задан равным единице. Такая метрика следует исходной логике K-Prototypes [13].

$$d(u,c) = \Sigma_j (z_{uj} - q^c_j)^2 + \eta \Sigma_l 1(x_{ul} \neq q^c_l), \quad \eta = 1 \quad (1)$$

В формуле (1) z_{uj} – стандартизованное значение j-го числового признака клиента u, q^c_j – соответствующая координата прототипа кластера c, x_{ul} и q^c_l – категориальные значения. При пересчёте прототипа для числовых признаков берётся среднее, для категориальных – мода. Для каждого k от 2 до 8 выполняется не менее шести случайных инициализаций; сохраняется решение с минимальной целевой функцией. Число кластеров выбирается по максимуму среднего коэффициента силуэта [18], а индекс Дэвиса–Болдина используется как дополнительная мера компактности и разделимости [11].

Алгоритмы ранжирования

Для корректного сравнения сформированы три базовых метода. Первый возвращает глобально популярные категории и является трудным ориентиром для рынка с высокой долей повторных закупок. Второй представляет собой item-based коллаборативную фильтрацию: косинусное сходство между категориями рассчитывается по бинарной матрице «клиент–категория», после чего профиль клиента умножается на матрицу сходств. Третий метод ранжирует категории по частоте внутри кластера K-Prototypes. Данные методы позволяют отделить вклад популярности, индивидуального поведения и группового профиля.

Авторская модель дополняет эти сигналы отраслевым приором и штрафом за глобальную популярность. Каждый исходный скор нормируется внутри клиента на отрезке [0; 1]. Популярность преобразуется логарифмом, чтобы одна крупная категория не доминировала над остальными. Такой штраф не объявляет нишевую позицию релевантной автоматически; он только снижает избыточное преимущество частотного сигнала.

$$s_{ui} = \alpha \cdot CF_{ui} + \beta \cdot CL_{ui} + (1-\alpha-\beta) \cdot IND_{ui} - \lambda \cdot POP_i \quad (2)$$

В формуле (2) CF_{ui} – нормированный item-based скор, CL_{ui} – частота категории i в кластере клиента u, IND_{ui} – отраслевой приор, POP_i – нормированный логарифм глобальной частоты. Параметры перебираются по сетке $\alpha \in \{0,35; 0,50; 0,65\}$, $\beta \in \{0,15; 0,30; 0,45\}$, $\lambda \in \{0; 0,04; 0,08; 0,12\}$ при $\alpha + \beta < 0,95$. Критерий валидации равен NDCG@5 + 0,03·Hnorm. В основном прогоне выбраны $\alpha = 0,35$, $\beta = 0,15$ и $\lambda = 0,08$; следовательно, вес отраслевого приора равен 0,50.

Метрики и статистическая проверка

Релевантной считается товарная категория, встретившаяся в тестовых транзакциях клиента. Поскольку в B2B повторная закупка является нормальным сценарием, ранее встречавшиеся категории не исключаются из кандидатов. Precision@5 показывает долю релевантных категорий в первых пяти позициях, Recall@5 – долю охваченных тестовых категорий, NDCG@5 – качество их порядка с большим весом верхних позиций. Использование нескольких метрик снижает риск подмены качества ранжирования одной удобной цифрой [14].

$$Precision@5 = |R_u^5 \cap T_u| / 5; \quad Recall@5 = |R_u^5 \cap T_u| / |T_u| \quad (3)$$

$$NDCG@5 = DCG@5 / IDCG@5, \quad DCG@5 = \Sigma_{r=1}^{5} rel_r / \log_2(r+1) \quad (4)$$

Разнообразие оценивается на уровне всей выдачи. Пусть p_i – доля i-й категории среди всех позиций Top-5. Тогда нормированная энтропия равна энтропии Шеннона, делённой на логарифм числа категорий. Значение, близкое к единице, означает более равномерное распределение экспозиций, но не гарантирует релевантность. Дополнительно рассчитываются охват каталога и доля «длинного хвоста». В эксперименте к нему операционально отнесена половина категорий с наименьшей частотой в обучающей части.

$$Hnorm = -\Sigma_i p_i \ln(p_i) / \ln(|I|) \quad (5)$$

Неопределённость средних ранговых метрик оценивается непараметрическим бутстрепом по клиентам. Для каждого сравнения выполняется 3000 повторных выборок с возвращением; приводится 95%-й процентильный интервал. Кроме того, весь цикл генерации и оценки повторяется для пяти зёрен от 20260813 до 20260817. Эта процедура проверяет, что результат не является случайной особенностью одной синтетической реализации.

Результаты исследования

Структура клиентских профилей

По коэффициенту силуэта наилучшим оказалось разбиение на 2 кластера. Для K-Means коэффициент силуэта равен 0,3416, индекс Дэвиса–Болдина – 1,0944; для K-Prototypes – 0,2505 и 1,4408 соответственно.

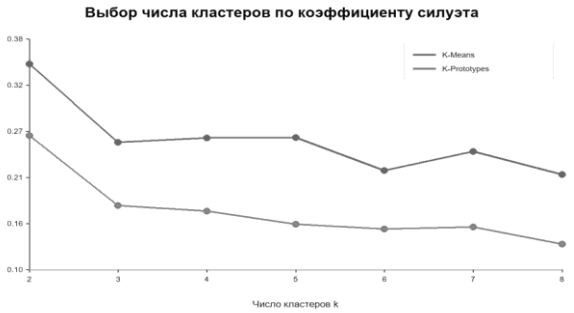


Рисунок 1 – Выбор числа кластеров по коэффициенту силуэта
Источник: разработано авторами на основе вычислительного эксперимента.

Полученные значения не дают оснований говорить о сильно изолированных сегментах: категориальные признаки увеличивают внутрикластерную неоднородность. Тем не менее разбиение полезно как групповой приор и не претендует на естественную типологию всего B2B-рынка.

Таблица 2
Профили кластеров K-Prototypes

Кластер	n	Транзакции	Средний чек, руб.	Цифровая зрелость	Размер	Отрасль
1	851	11,18	576 970	3,71	средняя	Машиностроение
2	1149	7,76	177 972	2,43	малая	Машиностроение

Источник: разработано авторами.

Качество ранжирования

Таблица 3
Метрики рекомендательных методов на тесте

Метод	P@5	R@5	NDCG@5	Охват	Hnorm	Long-tail
Популярность	0,2780	0,4887	0,4068	0,4167	0,6477	0,0000
Item-based CF	0,2397	0,4135	0,3464	0,9167	0,9415	0,3445
Кластер	0,2753	0,4820	0,4029	0,5000	0,7026	0,1149
Гибрид	0,3135	0,5514	0,4650	1,0000	0,9067	0,2447

Источник: разработано авторами.

Гибридная модель показала наилучший результат по всем трём ранговым метрикам: Precision@5 = 0,3135, Recall@5 = 0,5514, NDCG@5 = 0,4650. Относительно ранжирования по популярности NDCG@5 увеличилась на

14,3%, относительно кластерного метода – на 15,4%, относительно item-based CF – на 34,2%.

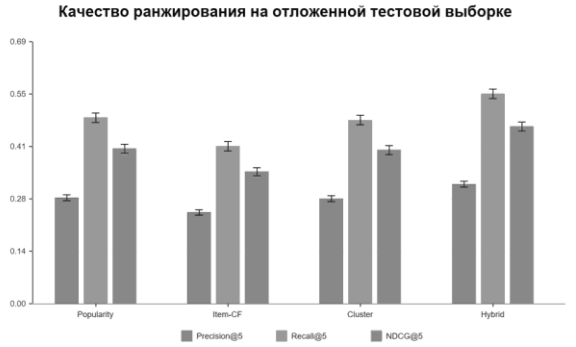


Рисунок 2 – Качество ранжирования на отложенной тестовой выборке
Источник: разработано авторами

Сам по себе кластерный метод не превзошёл популярность. Таким образом, гипотеза подтверждается не для «кластеризации вообще», а для её конкретной роли в гибридном скоре.

Таблица 4
Бутстреп-сравнение NDCG@5

Сравнение	Разность	95%-й интервал	pboot
Гибрид – Item-CF	0,1186	[0,1069; 0,1303]	< 0,001
Гибрид – популярность	0,0582	[0,0470; 0,0695]	< 0,001
Гибрид – кластер	0,0620	[0,0513; 0,0729]	< 0,001

Источник: разработано авторами.

Для всех трёх сравнений 95%-е интервалы не включают нуль. Наименьшая разность получена относительно сильного базового ранжирования по популярности: 0,0582 при интервале [0,0470; 0,0695]. Данный результат свидетельствует о внутренней устойчивости эффекта в пределах заданной генерирующей модели, но не позволяет автоматически переносить размер эффекта на реальную платформу.

Разнообразие экспозиций и устойчивость

Охват гибридной модели по каталогу равен 100,0%, нормированная энтропия – 0,9067, доля категорий «длинного хвоста» – 0,2447. Ранжирование по популярности охватывает только 41,7% каталога, имеет энтропию 0,6477 и не предоставляет ни одной категории из заданного «длинного хвоста». Item-based CF показал неожиданно даже более равномерную экспозицию (0,9415) и большую долю непопулярных категорий (0,3445), но существенно уступает по NDCG@5. Из этого следует, что ценность гибрида состоит не в максимизации одной метрики, а в балансе точности и охвата.

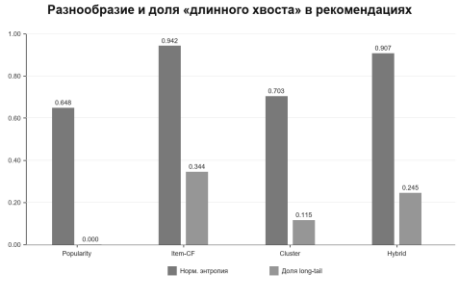


Рисунок 3 – Разнообразие экспозиций и доля «длинного хвоста»
Источник: разработано авторами на основе вычислительного эксперимента.

Таблица 5
Устойчивость гибридной модели по пяти независимым генерациям

Показатель	P@5	R@5	NDCG@5	Hnorm	Long-tail
Гибрид, среднее	0,3159	0,5547	0,4657	0,9051	0,2380
Стандартное отклонение	0,0020	0,0030	0,0033	0,0040	0,0053

Источник: разработано авторами.

Низкая вариация между семплами данных демонстрирует, что вывод не зависит от одного выбранного случайного зерна на удачу.

Обсуждение результатов

Первый важный вывод касается того, как следует понимать кластеризацию. Сам по себе кластер ещё не является рекомендацией. Он лишь показывает, к какой группе похожих клиентов относится организация. Это полезно, когда по конкретному клиенту мало данных: вместо нескольких его покупок можно использовать информацию о поведении всей группы. Но здесь возникает очевидный риск: если клиент заметно отличается от большинства участников своего кластера, рекомендации, основанные на поведении группы, могут оказаться для него нерелевантными.

Описание кластера через его прототип помогает понять, какой тип клиента в нём преобладает, но не делает всех клиентов внутри группы одинаковыми [9]. Из-за чего в итоговой модели кластерная частота используется только как один из сигналов и имеет вес 0,15. Если бы рекомендации строились лишь на ней, модель слишком часто подменяла бы индивидуальное поведение клиента поведением его группы.

Второй вывод состоит в том, что разные компоненты модели должны отвечать на разные вопросы. Item-based CF показывает, какие товарные категории часто встречаются вместе в покупках. Кластерный приор отвечает на другой вопрос: что обычно покупают организации, похожие по масштабу и уровню цифровой зрелости. Отраслевой приор добавляет ещё один слой информации — какие товары логичны именно для данного сектора экономики. Поэтому преимущество гибридной модели возникает не потому, что она просто сложнее. Эффект появляется тогда, когда каждый компонент использует собственный источник информации и не пытается заменить собой остальные.

Третий вывод связан с энтропией. Её очень легко интерпретировать неправильно. Если энтропия распределения рекомендаций высокая, это означает, что алгоритм не показывает всем пользователям одно и то же небольшое множество товаров. Но из этого ещё не следует, что конкретный пользователь получил полезную для него рекомендацию.

Обратная ситуация тоже возможна. Низкая энтропия списка для одного клиента означает лишь то, что список получился узким и сосредоточенным на небольшом числе категорий. Это не доказывает персонализацию: рекомендации могут быть очень однообразными и при этом совершенно не соответствовать потребностям клиента. Поэтому энтропию нельзя рассматривать отдельно от метрик, оценивающих качество ранжирования. Такой подход соответствует современной практике beyond-accuracy-оценки рекомендательных систем [14; 16].

Полученные результаты в целом соответствуют направлению современных исследований B2B-рекомендаций, но решают другую задачу. Например, в исследовании IndiaMART основное внимание уделялось сопоставлению запросов на коммерческие предложения с продавцами и работе с дисбалансом классов [12]. В корейском исследовании модель KGAT применялась для поиска потенциальных клиентов [10]. В работах по российским регулируемым закупкам оценивалась вероятность успешного завершения закупочной процедуры [3].

В настоящем исследовании задача существенно уже: требуется предсказать следующую товарную категорию, которую может приобрести клиент. Поэтому прямое сравнение численных результатов между этими исследованиями было бы некорректным. Если модели решают разные задачи, используют разные данные и измеряются разными метриками, одинаковое числовое значение показателя ещё не означает одинаковое качество.

Отдельно важно различать качество модели и экономический эффект. Рост офлайн-метрики ещё не означает рост выручки или прибыли. Допустим, модель правильно угадала товар, который заинтересовал клиента. Эта рекомендация всё равно бесполезна для бизнеса, если товара нет на складе, клиенту недоступна нужная цена, нарушается минимальная партия, упаковка имеет неподходящую кратность, превышен кредитный лимит или продажа даёт слишком низкую маржу.

Поэтому промышленная рекомендательная система должна состоять как минимум из двух уровней. Первый уровень оценивает статистическую привлекательность товара для клиента. Второй проверяет, можно ли этот товар реально предложить с учётом коммерческих ограничений. В такой архитектуре разработанный метод представляет собой ядро ранжирования, а не самостоятельный автомат продаж.

Дальнейшее развитие модели целесообразно вести по трём направлениям. Первое – замена категориального ранжирования на SKU-уровень с учётом атрибутов и товарного графа; мультимодальный мэтчинг может использоваться для нормализации каталога [2]. Второе – отдельные временные модели для replenishment и риска оттока, поскольку они не сводятся к ранжированию следующей категории. Третье – иерархическое или нейросетевое повторное ранжирование после накопления логов показов.

Заключение

В работе разработана и вычислительно проверена кластерно-гибридная модель товарных рекомендаций для B2B-платформы. Модель объединяет item-based коллаборативную фильтрацию, профиль K-Prototypes, отраслевой приор и штраф за глобальную популярность. Такая архитектура соответствует специфике межфирменной торговли, где индивидуальная история редка, а профиль организации и её отрасль несут самостоятельную информацию.

На синтетической панели из 2000 клиентов и 25 000 транзакций гибрид достиг NDCG@5 = 0,4650 и превзошёл ранжирование по популярности на

14,3%, кластерный метод на 15,4% и item-based CF на 34,2%. Разность с сильнейшим базовым методом равна 0,0582, 95%-й бутстреп-интервал составляет [0,0470; 0,0695]. Одновременно нормированная энтропия экспозиций увеличилась с 0,6477 до 0,9067, а доля непопулярных категорий составила 0,2447.

Полученные данные уточняют исходную научную гипотезу. Положительный эффект даёт не кластеризация как изолированный метод, а её использование в связке с индивидуальным и отраслевым сигналами. Авторский вклад состоит в этой формализации, в явном ограничении роли энтропии и в воспроизводимой процедуре временной оценки.

Вместе с тем исследование доказывает только внутреннюю работоспособность метода. Синтетическая панель не может подтвердить рост выручки, удержания или сокращение трудозатрат. Для внешней валидизации необходимы анонимизированные данные реальной B2B-платформы, проверка коммерческой допустимости и кластерный A/B-тест. Эта последовательность образует логическое продолжение работы.

Литература

1. Data Insight, B2B-РТС. Отраслевой отчёт по B2B и B2G онлайн-продажам и закупкам: текущее состояние, объёмы рынка, тренды и прогноз 2025–2030. 2025. URL: https://datainsight.ru/DI_b2b_b2g_eCommerce (дата обращения: 13.08.2026).
2. Варнухов А. Ю., Назаров Д. М. Мэтчинг товаров на маркетплейсах: мультимодальная модель на основе архитектуры трансформера // Бизнес-информатика. 2025. Т. 19, № 2. С. 7–24. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.2.7.24.
3. Денисова А. И., Созаева Д. А., Гончар К. В. Разработка рекомендательных систем для повышения эффективности регулируемых закупок в электроэнергетике // Бизнес-информатика. 2025. Т. 19, № 2. С. 25–40. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.2.25.40.
4. Краснов Ф. В. Анализ эффективности Learning-to-Rank в каталогах B2B для e-commerce: цифровой эксперимент и оценка влияния на конверсию // Бизнес-информатика. 2026. Т. 20, № 1. С. 54–66. DOI: 10.17323/2587-814X.2026.1.54.66.
5. Соколов А. В., Сычев И. А., Соколова О. Л. и др. Теоретические и практические аспекты построения рекомендательных моделей: типология, архитектура и направления проектирования // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2024. № 3(66). С. 64–77. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-3-64-77.
6. Стребкова Л. Н. Особенности развития электронной торговли в России: B2C и B2B // Вестник НГУЭУ. 2025. № 2. С. 132–145. DOI: 10.34020/2073-6495-2025-2-132-145.
7. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2005. Vol. 17, no. 6. P. 734–749. DOI: 10.1109/TKDE.2005.99.
8. Burke R. Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments // User Modeling and User-Adapted Interaction. 2002. Vol. 12. P. 331–370. DOI: 10.1023/A:1021240730564.
9. Carrizosa E., Kurishchenko K., Marín A., Romero Morales D. Interpreting Clusters via Prototype Optimization // Omega. 2022. Vol. 107. Article 102543. DOI: 10.1016/j.omega.2021.102543.
10. Cho G., Shim P.-S., Kim J. Explainable B2B Recommender System for Potential Customer Prediction Using KGAT // Electronics. 2023. Vol. 12, no. 17. Article 3536. DOI: 10.3390/electronics12173536.
11. Davies D. L., Bouldin D. W. A Cluster Separation Measure // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1979. Vol. 1, no. 2. P. 224–227. DOI: 10.1109/TPAMI.1979.4766909.
12. Gaur V., Liu X., Dhaliwal A., Jain A., Manchanda G. Personalized Recommender System Design for IndiaMART's Online B2B Platform // Analytics Magazine. 2021. DOI: 10.1287/LYTX.2021.04.26n.
13. Huang Z. Extensions to the K-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values // Data Mining and Knowledge Discovery. 1998. Vol. 2, no. 3. P. 283–304. DOI: 10.1023/A:1009769707641.
14. Kaminskas M., Bridge D. Diversity, Serendipity, Novelty, and Coverage: A Survey and Empirical Analysis of Beyond-Accuracy Objectives in Recommender Systems // ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems. 2016. Vol. 7, no. 1. Article 2. DOI: 10.1145/2926720.
15. Koren Y., Bell R., Volinsky C. Matrix Factorization Techniques for Recommender Systems // Computer. 2009. Vol. 42, no. 8. P. 42–49. URL: https://gwern.net/doc/ai/tabular/2009-koren.pdf (access date: 18 August 2026)
16. Lin S., Gao C., Chen J. et al. How Do Recommendation Models Amplify Popularity Bias? An Analysis from the Spectral Perspective // Proceedings of the 18th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2025. P. 659–668. DOI: 10.1145/3701551.3703579.
17. Rendle S., Freudenthaler C., Gantner Z., Schmidt-Thieme L. BPR: Bayesian Personalized Ranking from Implicit Feedback // Proceedings of the 25th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. 2009. P. 452–461.
18. 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. DOI: 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
19. Shambour Q., Lu J. An Effective Recommender System by Unifying User and Item Trust Information for B2B Applications // Journal of Computer and System Sciences. 2015. Vol. 81. P. 1110–1126. DOI: 10.1016/j.jcss.2014.12.029.
20. Shannon, C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27, no. 3. P. 379–423; no. 4. P. 623–656.
21. Zhang X., Wang H. Study on Recommender Systems for Business-to-Business Electronic Commerce // Communications of the IIMA. 2005. Vol. 5, iss. 4. P. 53–61. DOI: 10.58729/1941-6687.1282.

Cluster-Hybrid Product Recommendation Model for Corporate Online Procurement

Moiseev N.A., Odoevsky I.I.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The object of the study is recommender systems used by corporate electronic trading platforms. The subject is the ranking of product categories under sparse purchasing histories and heterogeneous account profiles. The purpose is to develop and computationally test a cluster-hybrid model that combines item-based collaborative filtering, K-Prototypes group profiles, an industry prior, and a global-popularity penalty. The experiment uses a fully reproducible synthetic panel of 2,000 corporate accounts and 25,000 transactions across 12 product categories. Each account's events are divided chronologically into training, validation, and test subsets in a 60/20/20 ratio. Performance is measured with Precision@5, Recall@5, NDCG@5, catalog coverage, long-tail exposure share, and normalized entropy of aggregate exposure. The proposed model achieves NDCG@5 of 0.4650, compared with 0.4068 for popularity ranking, 0.4029 for the cluster-only method, and 0.3464 for item-based collaborative filtering. The gain over the strongest baseline is 0.0582, with a 95% bootstrap interval of [0.0470; 0.0695]. Normalized exposure entropy rises from 0.6477 to 0.9067, while the long-tail share increases from zero to 0.2447. The scientific contribution is a unified ranking framework in which segmentation complements rather than replaces personalization and is combined with organizational context and explicit popularity-bias correction. The findings demonstrate internal validity in a controlled setting but do not constitute evidence of production impact without testing on real transaction data.

Keywords: B2B e-commerce, K-Prototypes, implicit feedback, popularity bias, exposure entropy, synthetic data, ranking quality.

References

1. Data Insight, B2B-RTS (2025). Industry report on B2B and B2G online sales and procurement: Current state, market size, trends and forecast 2025–2030. Available at: https://datainsight.ru/DI_b2b_b2g_eCommerce (accessed 13 August 2026).
2. Varnukhov A. Yu., Nazarov D. M. (2025). Product matching in digital marketplaces: Multimodal model based on the transformer architecture. Business Informatics, vol. 19, no. 2, pp. 7–24. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.2.7.24.
3. Denisova A. I., Sozaeva D. A., Gonchar K. V. (2025). Development of recommendation systems to improve the efficiency of regulated procurement in the electric power industry. Business Informatics, vol. 19, no. 2, pp. 25–40. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.2.25.40.
4. Krasnov F. V. (2026). Learning-to-Rank in B2B e-commerce catalogs: A digital experiment and conversion analysis. Business Informatics, vol. 20, no. 1, pp. 54–66. DOI: 10.17323/2587-814X.2026.1.54.66.
5. Sokolov A. V., Sychev I. A., Sokolova O. L. et al. (2024). Theoretical and practical aspects of building recommendation models: Typology, architecture and design directions. Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer Science, no. 3(66), pp. 64–77. DOI: 10.17072/1993-0550-2024-3-64-77.

Оценка экономической эффективности цифровых инструментов в fashion-индустрии: систематизация подходов и выявление методических пробелов

Павлов Тимур Петрович
аспирант, Базовая кафедра управления инновационной и промышленной политикой, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, timur.pavlov.wo@yandex.ru

Актуальность исследования обусловлена расхождением между масштабом цифровизации индустрии моды и методической проработанностью оценки ее экономического эффекта. Проблема состоит в том, что существующие методы оценки ориентированы на предприятие в целом и многолетний инвестиционный горизонт, тогда как модное изделие имеет короткий сезонный жизненный цикл, а эффект цифровых инструментов распределен между его стадиями. Цель статьи – систематизация подходов к оценке экономической эффективности цифровых инструментов применительно к жизненному циклу модного изделия и выявление методических пробелов. Методологическую основу составили системный анализ научных публикаций 2021–2026 гг., сравнительный анализ и классификация. Научная новизна заключается в разработке пяти критериев применимости методов оценки к модному изделию и балльной оценке по ним девяти выделенных подходов. Установлено, что наибольшее соответствие демонстрирует операционно-метрический подход, тогда как доходный и индексный подходы, наиболее разработанные в отечественной литературе, соответствуют специфике модного изделия в наименьшей степени. Выявлены восемь методических пробелов, ключевым из которых является выбор предприятия, а не изделия, в качестве единицы анализа. Предложена гибридная стадийная схема оценки с интегрирующим показателем чистого эффекта на единицу изделия.

Ключевые слова: экономическая эффективность, цифровые инструменты, индустрия моды, жизненный цикл изделия, методы оценки, совокупная стоимость владения, операционные метрики, методические пробелы.

Введение

Цифровые инструменты в индустрии моды получили широкое распространение: системы трехмерного проектирования, искусственный интеллект, маркетплейсы, а также платформы ресейла и аренды используются на всех стадиях жизненного цикла изделия. Масштаб отрасли при этом значителен: объем российского рынка готовой одежды в 2023 г. достиг 1033 млрд руб., увеличившись на 25,1 % [1].

Однако внедрение цифровых инструментов требует значительных затрат, а их отдача остается неочевидной. Д. В. Щербакова и Р. И. Мамедгулиев констатируют, что тема цифровой трансформации легкой промышленности «не нашла большого отклика у отечественных и зарубежных исследователей», а существующие обзоры «носят довольно поверхностный характер» [1].

Дополнительное давление оказывает регулирование: с 2024 г. обязательная маркировка распространена на всех участников российского рынка товаров легкой промышленности, обязанных передавать в систему «Честный знак» сведения по каждой сделке [2]. Следовательно, часть цифровых затрат носит вынужденный характер, и вопрос об их эффективности смещается от целесообразности внедрения к поиску дополнительной отдачи.

Общие подходы к оценке цифровой трансформации, цифровой зрелости и инвестиций подробно представлены в отечественной литературе [3–6], тогда как исследования fashion-индустрии преимущественно сосредоточены на описании процессов цифровизации [7].

Вместе с тем данные работы либо посвящены иным отраслям, либо не содержат методики оценки экономического эффекта применительно к продукции индустрии моды. Проблема исследования заключается в том, что существующие методы оценки ориентированы на предприятие в целом и многолетний инвестиционный горизонт, тогда как модное изделие характеризуется коротким сезонным жизненным циклом, а эффект цифровых инструментов распределен между его стадиями. В соответствии с ранее предложенным автором подходом [8] жизненный цикл модного изделия включает семь стадий — от формирования концепции коллекции до утилизации и возврата материалов в хозяйственный оборот.

Цель, задачи и методы исследования

Целью статьи является систематизация подходов к оценке экономической эффективности цифровых инструментов применительно к жизненному циклу модного изделия и выявление методических пробелов. Для достижения поставленной цели решаются четыре задачи: определение требований к оценке, обусловленных спецификой модного изделия; систематизация подходов к оценке экономической эффективности цифровизации; оценка применимости выделенных подходов по совокупности критериев; а также выявление методических пробелов и формулирование направлений их восполнения.

Информационную базу исследования составили научные публикации 2021–2026 гг., отобранные в научных электронных библиотеках eLibrary и КиберЛенинка, а также в международных базах публикаций. В выборку включались работы, содержащие методику оценки эффективности цифровых технологий либо характеристику их эффектов; работы описательного характера использовались лишь для характеристики отрасли. Итоговая выборка включает 21 научную публикацию, в том числе 15 русскоязычных, а также статистический сборник НИУ ВШЭ.

Применимость подходов оценивалась по трехуровневой шкале: «+» – критерий выполняется (1 балл), «±» – выполняется частично (0,5 балла), «–» – не выполняется (0 баллов). Сумма баллов по пяти критериям образует интегральную оценку применимости подхода, максимальное значение которой составляет 5 баллов. В работе использованы также методы системного анализа и синтеза, сравнительный анализ, а также метод классификации.

Экономический эффект цифровых инструментов: понятие и виды

Прежде чем перейти к систематизации подходов, необходимо разграничить смежные понятия. Экономический эффект рассматривается как абсолютный результат применения цифрового инструмента в денежной или натуральной форме, а экономическая эффективность — как соотношение этого эффекта с затратами на его получение. Поэтому наличие положительного эффекта само по себе не означает эффективности.

Под цифровым инструментом в рамках настоящей статьи понимается программное либо программно-аппаратное средство, применяемое для решения управленческой задачи на определенной стадии жизненного цикла изделия. Применительно к модному изделию целесообразно выделить пять видов эффектов таких инструментов:

Затратные эффекты – сокращение прямых затрат.

Эффекты изменения выручки– прирост выручки либо сокращение ее потерь.

Временные эффекты – сокращение продолжительности стадий.

Регуляторно-рисковые эффекты – снижение рисков санкций за нарушение обязательных требований, а также рисков оборота контрафактной продукции.

Эколого-экономические эффекты – сокращение воздействия на окружающую среду и возврат материалов в хозяйственный оборот.

Важно отметить, что для модного изделия временные эффекты фактически трансформируются в эффекты изменения выручки: сокращение времени разработки позволяет выводить изделие на рынок в период пикового спроса, а не на его спаде. Следовательно, оценка, учитывающая лишь затратные эффекты, систематически занижает отдачу инструментов ранних стадий цикла.

Специфика модного изделия как объекта оценки

Модное изделие предъявляет к методам оценки эффективности ряд требований, не характерных для промышленной продукции длительного пользования. Исходя из данного понимания жизненного цикла модного изделия [8], можно выделить пять таких требований, которые в дальнейшем используются в качестве критериев применимости методов оценки:

Соответствие горизонта оценки длительности цикла (К1) – возможность зафиксировать эффект в пределах одного-двух сезонов продаж, а не в рамках трех-пятилетнего инвестиционного горизонта.

Изделие как единица анализа (К2) – возможность относить эффект к артикулу, модели или коллекции, а не только к предприятию в целом.

Охват постпродажных стадий (К3) – учет эффектов ремонта, перепродажи, аренды и утилизации изделия, которые в классической модели жизненного цикла находятся за пределами контура организации.

Учет межфазных эффектов (К4) – способность отразить ситуацию, при которой инструмент, внедренный на одной стадии, проявляет эффект на другой, например, трехмерное прототипирование снижает долю уценки на стадии продажи.

Доступность исходных данных (К5) – возможность применения метода малыми и средними предприятиями, не располагающими развитой аналитической службой.

Систематизация подходов к оценке экономической эффективности

Анализ научной литературы позволяет выделить девять подходов к оценке экономической эффективности цифровых инструментов, систематизированных в таблице 1.

Таблица 1
Систематизация подходов к оценке экономической эффективности цифровых инструментов

Подход	Сущность и ключевые показатели	Ссылки	Ограничения применительно к модному изделию
1. Затратный	Сопоставление затрат до и после внедрения: себестоимость, материалоемкость, стоимость образцов	[3; 9]	Не учитывает выручку, уценку и упущенные продажи
2. Доходный (инвестиционный)	Дисконтирование денежных потоков: NPV, IRR, ROI, дисконтированный срок окупаемости	[3; 10]	Горизонт 3–5 лет несоизмерим с сезоном; эффект распределен между коллекциями
3. Совокупной стоимости владения (TCO)	Суммирование капитальных и операционных затрат за срок использования инструмента	–	Учитывает только затраты, выгоды не оцениваются
4. Сбалансированной системы показателей (BSC/KPI)	Каскадирование целевых показателей, план-факт анализ	–	Отсутствует отраслевой эталон ключевых показателей
5. Операционно-метрический	Натуральные показатели процесса: время вывода коллекции, число образцов, точность учета, выручка на единицу изделия	[11; 12; 13]	Отсутствуют правила перевода показателей в денежную форму
6. Вероятностный (сценарный)	Ожидаемое значение эффекта, метод Монте-Карло, реальные опционы	[14]	Экономические применения в индустрии моды не выявлены
7. Экспертный	Балльные и ранговые оценки, фокус-группы	[15; 16]	Субъективность, риск заинтересованности экспертов
8. Индексный (зрелостный)	Интегральные индексы цифровизации, оценка разрывов цифровой зрелости	[4; 5; 17; 18]	Измеряет ресурсы, а не результат; не различает стадии цикла
9. Эколого-экономический	Сокращение выбросов парниковых газов, коэффициент замещения новых покупок	[14; 19; 20]	Эффект не монетизирован; высокая чувствительность к допущениям

Источник: составлено автором. Прочерк в графе «Ссылки» означает, что отраслевых применений подхода в исследованной выборке не выявлено.

Затратный и доходный подходы наиболее распространены в практике обоснования цифровых проектов. Т. В. Кокуйцева и О. П. Овчинникова предлагают проводить оценку на стадии, когда реализован определенный этап стратегии цифровой трансформации либо стратегия в целом, выделяя оценку экономической эффективности в качестве отдельного шага [3]. Для модного изделия данная логика затруднительна: к моменту завершения этапа стратегии сменяется несколько коллекций, и эффект инструмента растворяется в общих результатах предприятия.

Подход совокупной стоимости владения суммирует затраты на инструмент за весь срок его использования. В выборке не выявлено работ, применяющих данный подход к цифровым инструментам индустрии моды, хотя его значимость возрастает для регуляторно обязательных инструментов, прежде всего маркировки. Сбалансированная система показателей позволяет связать цифровые инструменты со стратегическими целями предприятия, однако отраслевой эталон ключевых показателей для индустрии моды не сформирован. Вероятностный подход в наибольшей степени соответствует природе сезонного спроса, но в рассмотренной литературе метод Монте-Карло применяется лишь для экологической, а не экономической оценки [14].

Индексный подход, описанный С. В. Илькевичем, измеряет ресурсы и условия цифровизации, но не ее экономический результат [4; 18].

Операционно-метрический подход оценивает эффект в натуральных показателях процесса. М. А. Гусева и соавторы связывают применение трехмерной симуляции со снижением затратности производства за счет частичной замены натурных примерок виртуальными [11]. K. Swaminathan и R. Venkitasubramony систематизируют методы прогнозирования спроса на модную продукцию [13]; при этом точность прогноза непосредственно определяет объем партии, а следовательно, и долю уценки. Однако подход не содержит правил перевода натуральных показателей в денежную форму, что ограничивает его применение при обосновании инвестиций.

Экспертный подход применяется при недостатке количественных данных [15; 16], однако фактически заменяет измерение экономического результата экспертным суждением.

Эколого-экономические методы позволяют учитывать постпродажные стадии, однако их результаты чувствительны к коэффициенту замещения новых покупок [14].

Оценка применимости подходов

Сопоставление выделенных подходов с критериями К1–К5 представлено в таблице 2.

Таблица 2
Оценка применимости подходов к модному изделию по критериям К1–К5

Подход	К1	К2	К3	К4	К5	Балл
1. Затратный	±	±	–	–	+	2,0
2. Доходный	–	–	–	±	–	0,5
3. TCO	–	–	±	–	±	1,0
4. BSC/KPI	±	–	–	±	±	1,5
5. Операционно-метрический	+	+	±	±	+	4,0
6. Вероятностный	±	±	–	±	–	1,5
7. Экспертный	+	±	±	±	+	3,5
8. Индексный	–	–	–	–	±	0,5
9. Эколого-экономический	±	+	+	±	–	3,0

Источник: составлено автором.

Обоснование ключевых оценок состоит в следующем. Доходный подход не выполняет критерий К1, поскольку горизонт расчета денежных потоков составляет несколько лет, тогда как жизненный цикл модного изделия ограничен сезоном; по той же причине он не позволяет выделить изделие в качестве единицы анализа. Индексный подход не выполняет критерии К1–К4, так как измеряет состояние предприятия либо отрасли и опирается на запаздывающие данные [4]. Затратный подход соответствует специфике модного изделия в большей степени, нежели доходный, поскольку экономия на образцах и материалах фиксируется в пределах сезона и может быть отнесена к модели.

Таким образом, наибольшую применимость демонстрирует операционно-метрический подход. Высокая оценка экспертного подхода характеризует его гибкость, но не надежность, поскольку субъективность экспертных суждений не учитывается критериями К1–К5.

Методические пробелы

Сопоставление результатов систематизации с состоянием научной литературы позволяет выделить восемь методических пробелов:

Отсутствие отраслевой эмпирики – существующие методики апробированы преимущественно за пределами легкой промышленности [1; 3; 15; 17].

Разрыв между концептуальными моделями и экономическими показателями — существующие модели недостаточно конкретизированы до уровня измеримых экономических показателей [10].

Временной лаг и проблема атрибуции эффекта – инвестиции в цифровизацию дают неоднозначный эффект, обусловленный временными лагами, ошибками измерения, а также необходимостью комплементарных организационных изменений [21]. Для модного изделия эффект может

проявиться уже после окончания сезона продаж, т. е. за пределами периода, в котором принималось управленческое решение.

Отрицательная синергия инструментов — совместное внедрение цифровых решений не гарантирует аддитивности эффектов и при автоматизации неэффективных процессов способно увеличивать потери [9].

Преобладание декларативных оценок – в отраслевых работах эффект цифровых инструментов декларируется без расчета: снижение затрат за счет замены натурных примерок виртуальными [11], формирование дополнительного конкурентного преимущества [22].

Неоцененность регуляторной прослеживаемости – несмотря на распространение обязательной маркировки на всех участников рынка [2], в рассмотренной литературе представлены лишь описательные исследования без оценки затрат и выгод предприятий.

Отсутствие метрик постпродажных стадий – эффект платформ ресейла и аренды зависит от коэффициента замещения новых покупок [14; 20], повреждение изделий в аренде увеличивает затраты бизнеса [20], а результаты оценки аренды определяются логистикой и чисткой изделий [19]. В отечественной литературе при этом представлены исследования зрелости рынка аренды [23], но не показатели оценки эффекта на уровне изделия.

Предприятие вместо изделия в качестве единицы анализа – индексный и доходный подходы оценивают предприятие либо отрасль [4; 18], тогда как экономический результат изделия может существенно отклоняться от плановых значений. Так, в примере, приводимом В. Н. Суязовым, при базовой цене изделия 3200 руб. фактическая выручка с единицы после скидок, комиссий и бонусов маркетплейса составила 1780 руб., т. е. около 56 % базовой цены [12].

Стоит отметить, что пробелы 3, 4 и 8 взаимосвязаны: именно выбор предприятия в качестве единицы анализа не позволяет разделить эффекты отдельных инструментов и отнести их к конкретному сезону. Следовательно, переход к изделию как единице анализа является ключевым условием восполнения остальных пробелов.

Направления восполнения пробелов

Для восполнения выявленных пробелов предлагается гибридная стадийная схема оценки, в рамках которой каждой стадии жизненного цикла модного изделия ставятся в соответствие базовый подход и набор метрик (таблица 3).

Таблица 3
Гибридная стадийная схема оценки экономической эффективности цифровых инструментов

Стадия жизненного цикла	Базовый подход	Ключевые метрики
1. Формирование концепции коллекции	Экспертный, операционно-метрический	Время формирования концепции; доля моделей, снятых до стадии производства
2. Проектирование и прототипирование	Затратный, операционно-метрический	Число физических образцов на модель; стоимость образцов; время вывода коллекции на рынок
3. Планирование ассортимента и закупок	Операционно-метрический, вероятностный	Ошибка прогноза спроса; доля уценки; доля нереализованных остатков
4. Производство	Затратный	Материалоемкость; сверхнормативные запасы сырья; простои оборудования
5. Дистрибуция и продажа	TCO, операционно-метрический	Совокупная стоимость владения системой маркировки; точность учета запасов; фактическая выручка на единицу изделия
6. Эксплуатация и продление срока службы	Операционно-метрический, эколого-экономический	Коэффициент использования; коэффициент повторного оборота; коэффициент сохранения стоимости; коэффициент замещения
7. Утилизация и возврат материалов	Эколого-экономический, TCO	Доля материалов, возвращенных в оборот; затраты на соответствие регуляторным требованиям

Источник: составлено автором.

Интегрирующим показателем схемы выступает чистый эффект на единицу изделия:

$$Э_{ед} = В_{жц} - З_{ед}, \quad (1)$$

где $Э_{ед}$ – чистый эффект на единицу изделия, руб.; $В_{жц}$ – выручка на единицу изделия за жизненный цикл, руб.; $З_{ед}$ – доля совокупных затрат на цифровые инструменты, отнесенная на единицу изделия, руб.

Выручка на единицу изделия за жизненный цикл определяется как:

$$В_{жц} = В_п + В_р + В_а, \quad (2)$$

где $В_п$ – фактическая выручка от первичной продажи с учетом скидок и комиссий торговых площадок, руб.; $В_р$ и $В_а$ – выручка от перепродажи и аренды изделия, приходящаяся на предприятие, руб.

Учет фактической, а не базовой цены принципиален. В расчете используется фактическая выручка с учетом скидок и комиссий; доходы от перепродажи и аренды учитываются при непосредственном участии предприятия в соответствующих программах.

Применение схемы предполагает следующую последовательность действий:

Идентификация инструмента – определение стадии, на которой применяется инструмент, а также стадий, на которые распространяется его эффект.

Выбор подхода и метрик – назначение базового подхода и набора метрик в соответствии с таблицей 3.

Формирование контрольной группы – подбор сопоставимых артикулов либо коллекций, разработанных без применения инструмента, что позволяет отделить его эффект от влияния прочих факторов.

Монетизация – перевод натуральных метрик в денежную форму и расчет чистого эффекта на единицу изделия по формулам (1) и (2).

Агрегирование – суммирование эффекта по артикулам коллекции и сопоставление его с затратами на инструмент в пределах сезона.

Предложенная последовательность позволяет учитывать атрибуцию, межфазные и постпродажные эффекты и обеспечивает расчет результата на уровне изделия.

Заключение

Проведенное исследование показало несоответствие существующих методов оценки специфике короткого жизненного цикла модного изделия.

Научная новизна результатов заключается в разработке пяти критериев, которые позволили сопоставить девять подходов и установить наибольшую применимость операционно-метрического подхода. Выявлено восемь методических пробелов, ключевой из которых связан с использованием предприятия вместо изделия в качестве единицы анализа.

Практическая значимость исследования состоит в гибридной стадийной схеме оценки с интегрирующим показателем чистого эффекта на единицу изделия, позволяющей предприятиям индустрии моды, в том числе малым и средним, выбирать метод оценки исходя из стадии, на которой применяется инструмент.

Ограничения исследования связаны с качественным характером оценки применимости подходов, а также с ограниченным числом работ, содержащих количественные оценки для индустрии моды. Соответственно, дальнейшее направление исследования – эмпирическая апробация предложенной схемы на данных предприятий легкой промышленности и разработка модели единого цифрового контура управления жизненным циклом модного изделия.

Литература

1. Щербакова Д. В., Мамедгулиев Р. И. Цифровая трансформация процесса изготовления текстильной продукции легкой промышленности // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 7. – С. 72–80. – DOI: 10.17513/snt.40088.
2. Филатов В. В., Скрыльникова О. А., Золкин А. Л., Петросян А. Д. Социально-экономические аспекты производственной и торговой маркировки товарных брендов в отраслях легкой промышленности // Микроэкономика. – 2024. – № 6 (119). – С. 55–70. – DOI: 10.33917/mic-6.119.2024.55-70.
3. 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.
4. Илькевич С. В. Концептуальные аспекты построения и интерпретации индексов цифровой трансформации промышленных предприятий // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2024. – Т. 15, № 1. – С. 30–45. – DOI: 10.17747/2618-947X-2024-1-30-45.
5. Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Гилева Т. А., Положенцева Ю. С., Чэнь Л. Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий // Модернизация. Инновация. Развитие. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 443–458. – DOI: 10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458.
6. Карикова А. С. Трансформация бизнес-моделей российских промышленных компаний под влиянием цифровых технологий // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 384–397. – DOI: 10.17747/2618-947X-2022-4-384-397.
7. Liu S., Liu C. Mapping the digital transformation in the fashion industry: the past, present and future // Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal. – 2025. – Vol. 29, No. 7. – P. 1292–1319. – DOI: 10.1108/JFMM-09-2024-0380.
8. Павлов Т. П. Жизненный цикл модного изделия как объект управления в условиях цифровой трансформации: уточнение понятийного аппарата // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2026 – № 8 (138). – С. 162 – 166.
9. Палкина Е. С., Вагин М. С. Методика оценки влияния цифровизации бережливого производства на экономическую эффективность деятельности промышленного предприятия // π-Economy. – 2025. – Т. 18, № 4. – С. 173–185. – DOI: 10.18721/JE.18410.
10. Краковская И. Н. Цифровая трансформация промышленных бизнес-моделей: концептуальные подходы и сценарии // π-Economy. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 7–28. – DOI: 10.18721/JE.18301.
11. Гусева М. А., Андреева Е. Г., Быкова Д. Ю., Али кызы К. Инструменты виртуальной реальности для процесса проектирования кастомизированной одежды с элементами национального кроя // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 94–107. – DOI: 10.24866/VVSU/2949-1258/2022-4/094-107.
12. Суязов В. Н. Маркетплейсы как инструмент роста и источник рисков для предприятий малого бизнеса: влияние сотрудничества на экономические показатели // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2025. – № 70. – С. 209–222.

13. Swaminathan K., Venkitasubramony R. Demand forecasting for fashion products: A systematic review // International Journal of Forecasting. – 2024. – Vol. 40, No. 1. – P. 247–267. – DOI: 10.1016/j.ijforecast.2023.02.005.
14. James K. [et al.] A comparison of circular business models using life cycle assessment, focusing on clothing retail, distribution and use // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2025. – Vol. 30, No. 12. – P. 3139–3160. – DOI: 10.1007/s11367-025-02468-1.
15. Коновалова Ю. С., Бурцев Д. С. Управление цифровой трансформацией предприятий: оценка ее уровня в компаниях деревообрабатывающей промышленности // Управленческие науки. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 90–104. – DOI: 10.26794/2304-022X-2023-13-4-90-104.
16. Choi K.-H. 3D dynamic fashion design development using digital technology and its potential in online platforms // Fashion and Textiles. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – DOI: 10.1186/s40691-021-00286-1.
17. Юрак В. В., Полянская И. Г., Малышев А. Н. Оценка уровня цифровизации и цифровой трансформации нефтегазовой отрасли Российской Федерации // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 87–110. – DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16.
18. Индикаторы цифровой экономики: 2025 : статистический сборник / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – Москва : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1026726402.pdf (дата обращения: 24.09.2026).
19. Monticelli A., Costamagna M. Environmental assessment of the rental business model: a case study for formal wear // Environment, Development and Sustainability. – 2023. – Vol. 25, No. 8. – P. 7625–7643. – DOI: 10.1007/s10668-022-02363-x.
20. Gray S., Druckman A., Sadhukhan J., James K. Reducing the Environmental Impact of Clothing: An Exploration of the Potential of Alternative Business Models // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 10. – Art. 6292. – DOI: 10.3390/su14106292.
21. Петренко М. Ю. Парадокс производительности в условиях цифровизации российской экономики // Постулат. – 2026. – № 8. – URL: https://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/7000 (дата обращения: 25.09.2026).
22. Календжян А. С. Инновационные цифровые технологии на рынке индустрии моды // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 629–642.
23. Гостилович А. О., Лапидус Л. В., Давыдкин В. В., Юрьев Г. А. Оценка зрелости шеринг-экономики в России: рынок аренды потребительских товаров // Ars Administrandi (Искусство управления). – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 79–97. – DOI: 10.17072/2218-9173-2024-1-79-97.

Assessing the economic efficiency of digital tools in the fashion industry: systematization of approaches and identification of methodological gaps

Pavlov T.P.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The relevance of the study stems from the gap between the scale of digitalization in the fashion industry and the methodological maturity of assessing its economic effect. Existing methods focus on the enterprise as a whole and a multi-year horizon, whereas a fashion product has a short seasonal lifecycle and the effect of digital tools is distributed across its stages. The aim of the article is to systematize approaches to assessing the economic efficiency of digital tools as applied to the fashion product lifecycle and to identify methodological gaps. The methodology includes systematic analysis of 2021–2026 publications, comparative analysis and classification. The novelty lies in five criteria for the applicability of assessment methods to a fashion product, against which nine approaches are scored. The operational metrics approach proves the most suitable, while the income-based and index-based approaches, the most developed in Russian literature, fit the fashion product the least. Eight methodological gaps are identified, the key one being the use of the enterprise rather than the product as the unit of analysis. A hybrid stage-based assessment scheme with an integrating indicator of net effect per product unit is proposed.

Keywords: economic efficiency, digital tools, fashion industry, product lifecycle, assessment methods, total cost of ownership, operational metrics, methodological gaps.

References

1. Shcherbakova D. V., Mamedguliev R. I. Digital transformation of the manufacturing process of textile products of light industry. Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2024, no. 7, pp. 72–80. DOI: 10.17513/snt.40088.
2. Filatov V. V., Skrylnikova O. A., Zolkin A. L., Petrosyan A. D. Socio-economic aspects of production and trade labeling of product brands in light industry. Mikroekonomika, 2024, no. 6 (119), pp. 55–70. DOI: 10.33917/mic-6.119.2024.55-70.
3. Kokuytseva T. V., Ovchinnikova O. P. Methodological approaches to assessing the effectiveness of digital transformation of enterprises in high-tech industries. Kreativnaya ekonomika, 2021, vol. 15, no. 6, pp. 2413–2430.
4. Ilkevich S. V. Conceptual aspects of constructing and interpreting indices of digital transformation of industrial enterprises. Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment, 2024, vol. 15, no. 1, pp. 30–45. DOI: 10.17747/2618-947X-2024-1-30-45.
5. Babkin A. V., Shkarupeta E. V., Gileva T. A., Polozhentseva Yu. S., Chen L. Methodology for assessing digital maturity gaps of industrial enterprises. Modernizatsiya. Innovatsiya. Razvitie, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 443–458. DOI: 10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458.
6. Karikova A. S. Transformation of business models of Russian industrial companies under the influence of digital technologies. Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 384–397. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-4-384-397.
7. Liu S., Liu C. Mapping the digital transformation in the fashion industry: the past, present and future. Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, 2025, vol. 29, no. 7, pp. 1292–1319. DOI: 10.1108/JFMM-09-2024-0380.
8. Pavlov T. P. The life cycle of a fashion product as an object of management under digital transformation: clarifying the conceptual framework. Economics and Business: Theory and Practice, 2026, no. 8 (138), pp. 162–166.
9. Palkina E. S., Vagin M. S. Methodology for assessing the impact of lean production digitalization on the economic efficiency of an industrial enterprise. π-Economy, 2025, vol. 18, no. 4, pp. 173–185. DOI: 10.18721/JE.18410.
10. Krakovskaya I. N. Digital transformation of industrial business models: conceptual approaches and scenarios. π-Economy, 2025, vol. 18, no. 3, pp. 7–28. DOI: 10.18721/JE.18301.
11. Guseva M. A., Andreeva E. G., Bykova D. Yu., Ali kyzy K. Virtual reality tools for designing customized clothing with elements of national cut. Territoriya novykh vozmozhnostei. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 94–107. DOI: 10.24866/VVSU/2949-1258/2022-4/094-107.
12. Suyazov V. N. Marketplaces as a growth tool and a source of risks for small businesses: the impact of cooperation on economic performance. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika, 2025, no. 70, pp. 209–222.
13. Swaminathan K., Venkitasubramony R. Demand forecasting for fashion products: A systematic review. International Journal of Forecasting, 2024, vol. 40, no. 1, pp. 247–267. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2023.02.005.
14. James K. et al. A comparison of circular business models using life cycle assessment, focusing on clothing retail, distribution and use. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2025, vol. 30, no. 12, pp. 3139–3160. DOI: 10.1007/s11367-025-02468-1.
15. Konovalova Yu. S., Burtsev D. S. Managing digital transformation of enterprises: assessing its level in woodworking companies. Upravlencheskie nauki, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 90–104. DOI: 10.26794/2304-022X-2023-13-4-90-104.
16. Choi K.-H. 3D dynamic fashion design development using digital technology and its potential in online platforms. Fashion and Textiles, 2022, vol. 9, no. 1. DOI: 10.1186/s40691-021-00286-1.
17. Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N. Assessment of the level of digitalization and digital transformation of the oil and gas industry of the Russian Federation. Gornye nauki i tekhnologii, 2023, vol. 8, no. 1, pp. 87–110. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16.
18. Digital Economy Indicators: 2025: statistical data book. National Research University Higher School of Economics. Moscow, ISSEK HSE, 2025. Available at: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1026726402.pdf (accessed 24.09.2026).
19. Monticelli A., Costamagna M. Environmental assessment of the rental business model: a case study for formal wear. Environment, Development and Sustainability, 2023, vol. 25, no. 8, pp. 7625–7643. DOI: 10.1007/s10668-022-02363-x.
20. Gray S., Druckman A., Sadhukhan J., James K. Reducing the Environmental Impact of Clothing: An Exploration of the Potential of Alternative Business Models. Sustainability, 2022, vol. 14, no. 10, art. 6292. DOI: 10.3390/su14106292.
21. Petrenko M. Yu. The productivity paradox in the context of digitalization of the Russian economy. Postulat, 2026, no. 8. Available at: https://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/7000 (accessed 25.09.2026).
22. Kalendzhyan A. S. Innovative digital technologies in the fashion industry market. Kreativnaya ekonomika, 2023, vol. 17, no. 2, pp. 629–642.
23. Gostilovich A. O., Lapidus L. V., Davydkin V. V., Yurev G. A. Assessing the maturity of the sharing economy in Russia: the consumer goods rental market. Ars Administrandi (Iskusstvo upravleniya), 2024, vol. 16, no. 1, pp. 79–97. DOI: 10.17072/2218-9173-2024-1-79-97.

Корпоративные подкасты как инструмент формирования доверия к бренду

Рытик Юлия Андреевна
основатель креативного агентства Industream media, inbox.immedia@gmail.com

В статье представлены результаты исследования корпоративных подкастов как инструмента формирования доверия к бренду. Эмпирическую базу составили контент-анализ более 120 подкастов, запущенных от имени российских компаний и представленных в чартах ведущих подкаст-платформ на февраль 2025 г., а также 25 полуструктурированных интервью с представителями крупных и отраслево значимых российских компаний и организаций, формирующих деловую, потребительскую и экспертную повестку в сферах финансов, торговли, девелопмента, образования и услуг. Установлено, что доминирующей целью запуска корпоративного подкаста является укрепление связей с партнёрами и участниками рынка (32% респондентов); имиджевые цели отметили 16%, создание собственного медиа и формирование лояльного сообщества слушателей — по 12%; прямые коммерческие цели — 20%. Определены параметры производственной модели: средняя трудоёмкость выпуска — 51 час, затраты большинства компаний — до 30 тыс. руб. на выпуск, еженедельный ритм публикаций поддерживают 33% компаний, 41,9% проектов прекратили выход преимущественно после первого сезона. Предложена концептуальная модель формирования доверия к бренду: длительный аудиальный контакт — парасоциальные отношения с ведущим — воспринимаемые искренность и компетентность компании — доверие к бренду; выделены модерирующие условия. Сформулированы рекомендации по управлению корпоративными подкаст-проектами.

Ключевые слова: корпоративный подкаст, бренд-подкаст, доверие к бренду, парасоциальные отношения, контент-анализ, экспертное интервью, контент-маркетинг.

Введение

Расширение рекламной нагрузки и распространение инструментов блокировки рекламы снижают эффективность прерывающих рекламных форматов и стимулируют развитие контент-маркетинга — подхода, при котором компания создаёт содержание, обладающее самостоятельной ценностью для аудитории. В Российской Федерации подкасты слушают 26% населения [1], в США ежемесячная аудитория формата достигает 55% населения старше 12 лет [2]. Под корпоративным подкастом в настоящей статье понимается регулярно выходящая аудио- или видеопрограмма, принадлежащая компании либо создаваемая по её заказу и распространяемая в интересах бренда; зарубежными исследователями предложены классификации подобных программ по степени присутствия бренда в содержании [3]. Корпоративный подкаст относится к собственным медиа компании: бренд определяет содержание, каналы дистрибуции и ритм публикаций, а продолжительность контакта с аудиторией составляет десятки минут, что превышает показатели прерывающих форматов.

Методы повышения результативности контент-маркетинга, в том числе за счёт персонализации кампаний и использования технологий искусственного интеллекта, рассмотрены в работах Е. В. Мищенко и соавторов [4; 5]. Вместе с тем аудиоформаты в этих исследованиях не затрагивались: существующие подходы охватывают текстовый, визуальный и социально-медийный контент. В литературе по подкастам как маркетинговому инструменту преобладают задачи узнаваемости бренда и продвижения [6; 7]; для смежных форматов персонально опосредованной коммуникации роль лидеров мнений в формировании доверия к бренду охарактеризована в работах российских исследователей [8]. Механизм связи корпоративного подкаста с доверием к бренду на российском материале не изучен, а эмпирические данные о сегменте ограничены оценками отраслевых ассоциаций [9].

В теории отношенческого маркетинга доверие определяется как уверенность одной стороны взаимодействия в надёжности и честности другой [10] и формируется при накоплении позитивного опыта взаимодействий. А. Чаудхури и М. Холбрук операционализируют доверие к бренду как готовность потребителя полагаться на способность бренда выполнить заявленную функцию и показывают, что доверие через приверженность передаётся на рыночные показатели бренда [11]. М.-К. Дельгадо-Бальестер и соавторы разработали валидированную шкалу брендового доверия, разграничивающую воспринимаемую надёжность бренда и уверенность в его намерениях [12]. Для аудиоформата специфична концепция парасоциальных отношений Д. Хортона и Р. Уолла: при регулярном опосредованном контакте у аудитории формируются односторонние отношения с медиаличностью, сходные с межличностными [13]; операционализация парасоциального взаимодействия применительно к аудиовизуальным медиа выполнена в последующих исследованиях [14]. Отдельная линия зарубежных работ объясняет, почему голос ведущего что-то значит для бренда. В концепции надёжности источника убедительность сообщения ставится в зависимость от воспринимаемых экспертности и добросовестности того, кто говорит [15]; слушатель переносит эти качества на бренд, который ведущий представляет. С подкастом такой перенос работает особенно сильно. Сеанс прослушивания длится полчаса-час, проходит в наушниках, наедине с голосом, и повторяется годами. Эмпирические замеры это подтверждают. Конгруэнтность бренда и содержания, информативность выпуска и доверие к ведущему повышают поведенческие намерения слушателей [16]. Упоминания, озвученные ведущим, вспоминаются в 71% случаев; студийные версии дают 62% [17]. По вовлечённости, эмоциональной интенсивности и запоминаемости брендированные подкасты опережали телебенчмарки минимум на 22% [18]. Зарубежные опросы, обобщённые в ходе нашего исследования, добавляют и прямые свидетельства переноса доверия: три из четырёх американских слушателей доверяют брендам, регулярно спонсирующим их любимые шоу; 60% слушателей покупали продукт под влиянием бренд-коммуникаций в подкастах; 85% зарубежных компаний уже выпускают подкасты в видеоверсии.

Мы ставили целью выяснить, как корпоративный подкаст действует на доверие к бренду в России и когда это действие срабатывает. Для этого решались пять задач: оценить масштаб и структуру российского сегмента; классифицировать цели компаний и их результаты; собрать из них модель формирования доверия; выделить барьеры и факторы успеха; сформулировать предложения для управленческой практики. Главное отличие нашей работы от предшествующих — измерения: до сих пор цели и результаты корпоративных подкастов в России описывались кейсами, у нас они посчитаны на массиве более чем из ста проектов. Прямые и косвенные результаты собраны цитатами первых лиц компаний; кроме того, систематизированы 18 способов продвижения корпоративных подкастов и составлен рейтинг эффективных и неэффективных методов по оценкам самих респондентов.

Материалы и методы

Исследование проведено автором и возглавляемой ею исследовательской группой в феврале — апреле 2025 г. (отчёт опубликован 7 апреля 2025 г.) и включало два этапа.

На первом этапе выполнен количественный анализ (контент-анализ) более 120 подкастов, запущенных от имени компаний и решающих задачи бизнеса, представленных в чартах двухсот наиболее популярных подкастов ведущих российских платформ по состоянию на февраль 2025 г. Для каждого проекта фиксировались текущий статус (регулярные публикации либо прекращение выхода), число выпущенных эпизодов, формат (аудио, видео), заявленные цели и параметры производства. Единицей анализа выступал подкаст-проект.

На втором этапе проведено 25 полуструктурированных интервью с представителями компаний, выпускающих подкасты: руководителями маркетинга, коммуникаций, пиар- и HR-направлений, а также ведущими подкастов. Продолжительность интервью составила от 20 до 60 минут. Выборку составили компании, играющие заметную роль в развитии и трансформации российских отраслей: финансовые услуги, торговля потребительскими товарами, девелопмент, образование, юридические услуги, производство одежды, а также агентские компании в области маркетинга и связей с общественностью. Гайд интервью включал блоки: цели запуска; организация производства; бюджетирование; продвижение; полученные результаты и оценка удовлетворённости.

Количественный массив мы обрабатывали методами описательной статистики, интервью — методом тематического кодирования: коды целей, результатов, барьеров и практик продвижения выделялись по мере чтения транскриптов и уточнялись при повторном проходе. Чтобы снизить риск самоотчётных смещений, выдержки из интервью сверялись с фактическими параметрами тех же проектов, зафиксированными при контент-анализе.

Результаты

Мировой фон задают данные Digital 2025 Global Overview Report: подкасты слушают 63,7% интернет-пользователей старше 16 лет — по охвату формат сопоставим с прослушиванием музыки (65,3%) и чтением онлайн-изданий (62,7%) [19]. Доля слушателей подкастов в России — 12,9%: уровень Китая (12,8%) и заметно ниже США (27,7%), Мексики (41,8%), Ирландии (35,7%) [19]. Аудиторию самого сегмента мы самостоятельно не измеряли и опирались на отраслевые оценки: по данным РАЭК, подкасты хотя бы один раз слушали около 20 млн россиян, активная ежемесячная аудитория составляет 16–18 млн человек, средний охват одного эпизода — около 6 тыс. слушателей [9].

Контент-анализ показал, что сегмент корпоративных подкастов вступил в стадию отбора. Регулярные публикации продолжают 58,1% исследованных проектов с числом эпизодов от 20 до 668 и более; 41,9% проектов прекратили выход, и почти половина из них ограничилась одним сезоном из 6–12 выпусков. Половина действующих проектов распространяется одновременно в аудио- и видеоверсиях. В структуре причин прекращения, по данным интервью, преобладают смена целевой аудитории или темы, исчерпание тем и гостей, запуск иного проекта, смена ведущего, истощение ресурсов команды. Распределение целей запуска корпоративных подкастов представлено в таблице 1.

Таблица 1
Цели запуска корпоративных подкастов российскими компаниями (доля упоминаний, %)

Цель запуска подкаста	Доля компаний, %
Укрепление связей с партнёрами и участниками рынка	32,0
Сохранение и передача опыта, распространение знаний	24,0
Укрепление бренда работодателя	20,0
Привлечение клиентов, продвижение продукции через экспертный контент	20,0
Повышение статуса и авторитета компании	20,0
Встраивание в многоканальную стратегию коммуникаций	20,0
Укрепление имиджа компании, связи с общественностью	16,0
Создание собственного медиа	12,0
Формирование лояльности аудитории и сообщества слушателей	12,0
Демонстрация экспертности	12,0

Как видно из таблицы 1, компании приходят в подкастинг прежде всего за отношениями: закрепление связей с партнёрами и участниками рынка называли 32% респондентов, сохранение и передачу опыта — 24%. Имидж и связи с общественностью — 16%, собственное медиа и сообщество слушателей — по 12%; прямые коммерческие цели отметили 20%. Респонденты прямо называют подкаст форматом начальных этапов потребительского пути, эффект которого накапливается от выпуска к выпуску. То же самое видно и в структуре результатов. Разделяя эффекты своих проектов, респонденты выделили две группы. К первой, измеримой, отнеслись рост прослушиваний, лиды, клиенты из числа слушателей и гостей, окупаемость проекта, спонсорские и рекламные контракты, гранты. Вторая группа носит стратегический характер: репутация в отрасли, партнёрские связи, сообщество вокруг шоу, экспертный статус, материал для других каналов, внутренняя корпоративная культура.

О второй группе респонденты рассказывали конкретными достижениями. Один из руководителей — глава отдела маркетинга — сообщил, что аудиошоу его компании окупаются на 300–400% относительно затрат, а отдельный проект окупил себя на четыре года вперёд. Другая компания получила первых двух клиентов со сроком LTV (жизненной ценности клиента) три месяца после десяти регулярных выпусков. Приведём ещё несколько историй из интервью, почти дословно. Приглашённый на интервью гость из списка ТОП-10 лучших работодателей своей отрасли «в результате очень поддержал нас и стал спонсором нашего профильного офлайн-мероприятия». Для других «с момента премьеры подкаст был нашим номером 1 по источнику трафика: с него приходили регистрации на продукты компании и новые подписчики, а производство мы окупали за счёт клиентов и коммерческих гостей». Компания со средними 3–5 тыс. прослушиваний на эпизод сообщает, что «на профильных конференциях нас узнают, и даже представители органов исполнительной власти говорят, что слушают наш подкаст, выражают слова поддержки и одобрение»; ещё одна команда два года подряд получает гранты на развитие проекта и «благодаря подкасту сделали совместный проект с госкорпорацией из списка ТОП-5 в своей отрасли». Один из проектов получил от Яндекс Музыки приз за лучший подкаст от бренда.

Отдельная линия результатов — внутренняя аудитория. По данным Harvard Business Review, информационный дефицит испытывают 74% сотрудников, и подкасты компаний из нашей выборки этот пробел закрывают. Цитируем респондента: «Мы запустили подкаст, чтобы раскрыть личности наших топ-менеджеров, рассказать их видение, вдохновлять других, укреплять внешний и внутренний HR-бренд, транслировать нашу миссию и ценности. И несмотря на то что у нас до 10 000 прослушиваний на эпизод, у нас качественная аудитория — топ-менеджеры, высокопоставленные лица. Нас слушали и цитировали представители государственной власти, а коллеги из индустрии изучали выпуски для нетворкинга». Слушатели порой меняют профессию: «одна из слушательниц так сменила профессиональную деятельность и стала личным ассистентом нашей гостьи», а кто-то «начал свой путь в этой профессиональной деятельности [в сфере финансов] именно с нашего подкаста». Производственные и рекламные параметры сегмента сведены в таблице 2.

Таблица 2
Производственные параметры и параметры продвижения корпоративных подкастов (2025 г.)

Параметр	Значение
Число подкастов у компании: один / 2–4 / 5 и более	64,4% / 20,0% / 15,6%
Модель производства: подрядчики / агентство на старте / собственные силы	50,0% / 27,8% / 22,2%
Средняя трудоёмкость одного выпуска	51 час
Затраты на выпуск: отсутствуют / до 30 тыс. руб. / 100–120 тыс. руб. (видео)	18,2% / 63,6% / 18,2%
Еженедельный ритм публикаций	33% компаний
Отсутствие затрат на продвижение	61% компаний
Наиболее результативные каналы продвижения (доля упоминаний)	фичеринг платформ — 44%; гости с собственной аудиторией — 33%; сообщества в мессенджере Telegram — 33%; вертикальные видеофрагменты — 28%
Медианный охват выпуска	до 3 тыс. прослушиваний (30% компаний)

Ресурсы, судя по таблице 2, распределяются ещё скуднее целей: компании декларируют долгосрочные имиджевые ориентиры — и при этом две трети из них выпускают эпизоды реже раза в неделю, а 61% вообще не тратят денег на продвижение. Причины респонденты называют прямо: не понимают, как продвигать, и не видят в этом необходимости. Регулярность, судя по их ответам, остаётся единственным надёжным путём в рекомендации платформ: еженедельные шоу стабильно прирастают охватами и копят постоянных слушателей. Результат предсказуем: лишь 5% компаний собирают 100–500+ тыс. прослушиваний и просмотров на выпуск, и это, как правило, видеоподкасты из тех самых 18,2%, что вкладывают в выпуск от 100 тыс. руб. У остальных охваты скромнее по двум причинам: эпизоды выходят редко, а ведёт проект обычный сотрудник на зарплате, загруженный основной работой и прежде подкастами не занимавшийся — при том, что компания ждёт от него продаж. Цитируем: «В нашей команде над подкастом работают 2 человека, хочется делать классно, а нас мало. Поэтому для нас самое сложное — найти ресурсы внутри. Нужно согласовать все графики, график эксперта, студии. Тогда зависаешь в операционке, и летит визионерство — куда двигаться дальше. Из-за этого бывает сложно конкурировать с другими командами, которые создают подкасты». Из производственных трудностей лидирует организационная рутина — согласования, координация гостей, публикация: для 90% опрошенных это главная трата времени. Вторая по частоте — аналитика: данных об аудитории не хватает, бюджет обосновать нечем.

Сведя наши данные с теорией, мы получили модель, показанную на рис. 1. Читается она слева направо. Первым идёт аудиоконтакт: тридцать-шесть-десят минут живого разговора в наушниках, повторяющиеся из недели в неделю. Из него вырастают парасоциальные отношения слушателя с ведущим

и гостями [13]. Дальше работают два переноса: аутентичность ведущего делает компанию искренней в глазах аудитории, экспертность и полезность содержания — компетентной. На этом фундаменте складывается доверие к бренду, понятое как готовность на компанию положиться [10; 11]. За доверием следует поведение: рекомендации и покупки, партнёрские связи, интерес со стороны кандидатов на вакансии.



Рисунок 1 — Концептуальная модель формирования доверия к бренду средствами корпоративного подкаста (составлено автором)

Запускается цепочка, впрочем, не всегда. В наших данных ей помогали или мешали пять обстоятельств: польза выпуска для слушателя, ритм публикаций, конгруэнтность бренда и содержания [16; 18], прозрачность маркировки интеграций, наличие видеоверсии и вертикальных фрагментов. Решающим оказалось первое. Респонденты из проектов, проживших дольше сезона, советуют начинать с пользы для слушателя: шоу «про компанию» без самостоятельной ценности, по их словам, аудиторию не удерживают.

Полученная картина уложилась в теоретические ожидания: подкаст копит брендовое доверие, и достигается это ресурсной дисциплиной проекта.

Обсуждение

Доминирование партнёрской цели (32%) и целей сохранения опыта (24%) в структуре мотивации согласуется с ролью доверия-посредника из классических работ [10; 11]: компании приходят в формат за отношениями — с партнёрами, рынком, собственной командой. Красноречиво и соотношение ресурсов с результатами. Средний выпуск стоит 51 час работы; 63,6% компаний укладываются в 30 тыс. руб. на эпизод; 41,9% проектов при этом закрылись. Слабое звено — дисциплина производства и продвижения; сама идея брендового аудио- или видеошоу состоятельна.

Практические следствия из сказанного такие: запускать подкаст имеет смысл на несколько сезонов вперёд, помня, что самое интересное начинается после 10-го выпуска, — а большинство проектов до этой стадии просто не доходят. Мерить успех стоит ростом ядра слушателей, активностью сообщества и входящими обращениями партнёров: как сформулировал один из респондентов, «контент не приводит к сиюминутным продажам. Продажа — это совокупность факторов, и подкаст — один из них»; другой добавил: «ты приучаешь зрителя к себе, а потом он может купить продукт/услугу с другого канала касания». Расписание публикаций нельзя нарушать: команда или продюсер-партнёр держат ритм независимо от текущей загрузки. Выпуск строится вокруг пользы слушателю, бренд-интеграции — вокруг темы выпуска, с честной маркировкой. Дистрибуция с первого дня ведётся в нескольких форматах: аудио на платформах, видеоверсия, вертикальные нарезки, соцсети компании и гостей.

Инструменты оценки того, как контент влияет на восприятие бренда, созданы для текста и видео [5]; аудио пока обойдено — это первое направление для продолжения работы. Второе — проверка нашей модели на опросных данных аудитории со стандартными шкалами брендового доверия; третье — эксперименты с конгруэнтностью и маркировкой интеграций; четвёртое — сравнение отраслей. Есть и ограничения, о которых необходимо сказать прямо: выборка смещена к чартам платформ, рассказы респондентов о результатах самоотчётны, лонгитюдных замеров мы не проводили. Поэтому количественные оценки стоит переносить на весь рынок корпоративных подкастов с осторожностью.

Заключение

Российский сегмент корпоративных подкастов вступил в стадию отбора: 58,1% исследованных проектов продолжают регулярные публикации, 41,9% прекратили выход, преимущественно после первого сезона. В структуре целей доминируют укрепление связей с партнёрами и участниками рынка (32%) и сохранение опыта (24%); имиджевые цели отметили 16%, создание собственного медиа и формирование сообщества слушателей — по 12%; результаты проектов носят преимущественно косвенный стратегический характер. Предложенная концептуальная модель описывает механизм формирования доверия: длительный аудиальный контакт порождает парасоциальные отношения с ведущим; воспринимаемые искренность и компетентность переносятся на компанию; накопленное доверие реализуется в лояльности, рекомендациях, партнёрских связях и укреплении бренда работодателя. Действие механизма обусловлено полезностью содержания, регулярностью выходов, конгруэнтностью бренда и содержания, прозрачностью интеграций и многоформатной дистрибуцией. Практическая значимость результатов состоит в возможности их применения при проектировании и оценке корпоративных подкаст-проектов в системе маркетинговых коммуникаций компании.

Литература

1. Mediascope на конференции РАР «Радио в глобальной медиаконкуренции» // Mediascope : сайт. — URL: https://mediascope.net/news/1385234/ (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
2. The Infinite Dial 2025 / Edison Research at SSRS. — 2025. — URL: https://ssrs.com/insights/the-infinite-dial-2025/ (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
3. García-Estévez N., Cartes-Barroso M. J. The branded podcast as a new brand content strategy. Analysis, trends and classification proposal // El Profesional de la Información. — 2022. — Vol. 31. — Art. e310523. — URL: https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/86961 (дата обращения: 06.09.2026).
4. Мищенко Е. В., Мудрова И. Д., Хмельницкая А. Б., Казарян С. А., Акчурина Д. Р. Каким образом ИИ помогает создавать персонализированные кампании для контент-маркетинга и инфлюенс-маркетинга? // Финансовый бизнес. — 2025. — № 1 (259). — С. 46–50.
5. Мищенко Е. В., Хмельницкая А. Б., Яранцева М. И., Вержиковский Д. Н., Домнин З. П. Методы оценки влияния генеративного ИИ на восприятие бренда: от текста до визуального контента // Индустриальная экономика. — 2025. — № 2. — С. 82–89.
6. Маркина К. Бизнес в наушниках: как подкасты работают на узнаваемость и доверие // Деловой мир : сайт. — 2026. — 4 мая. — URL: https://delovoymir.biz/biznes-v-naushnikah-kak-podkasty-rabotayut-na-uznavaemost-i-doverie.html (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
7. Недашковская А. С., Казанцева А. В., Вечкинзова Е. А., Стеблякова Л. П. Влияние подкастов на формирование потребительского поведения и узнаваемости бренда // Креативная экономика. — 2024. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-podkastov-na-formirovanie-potrebitelskogo-povedeniya-i-uznavaemosti-brenda (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
8. Авакова Э. Б., Конечная П. И. Роль инфлюенсеров в формировании и укреплении доверия к бренду // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. — 2026. — № 1. — С. 45–51.
9. Около 10 миллионов россиян активно слушают подкасты // РАЭК : сайт. — 2023. — URL: https://raec.ru/live/branch/14160/ (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
10. Morgan R. M., Hunt S. D. The commitment-trust theory of relationship marketing // Journal of Marketing. — 1994. — Vol. 58, № 3. — P. 20–38.
11. Chaudhuri A., Holbrook M. B. The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: the role of brand loyalty // Journal of Marketing. — 2001. — Vol. 65, № 2. — P. 81–93.
12. Delgado-Ballester M.-C., Munuera-Alemán J. L., Yagüe-Guillén M. J. Development and validation of a brand trust scale // International Journal of Market Research. — 2003. — Vol. 45, № 1. — P. 35–53.
13. Horton D., Wohl R. R. Mass communication and para-social interaction: observations on intimacy at a distance // Psychiatry. — 1956. — Vol. 19, № 3. — P. 215–229.
14. Hartmann T., Goldhoorn C. Horton and Wohl revisited: viewing rituals and parasocial interaction // Journal of Communication. — 2011. — Vol. 61, № 3. — P. 518–537.
15. Ohanian R. Construction and validation of a scale to measure celebrity endorsers' perceived expertise, trustworthiness, and attractiveness // Journal of Advertising. — 1990. — Vol. 19, № 3. — P. 39–52.
16. Milovan A.-M., Dobre C., Moisescu O. Boosting brand behavioral intentions via integrated explicit product placements in podcasts // Journal of Business Research. — 2025. — Vol. 189. — Art. 115129. — DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.115129.
17. Host-read podcast ads pack a brand recall punch / Nielsen. — 2020. — URL: https://www.nielsen.com/insights/2020/host-read-podcast-ads-pack-a-brand-recall-punch/ (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
18. Audio:Activated — Harnessing the power of branded podcasts / BBC Global News. — 2019. — URL: https://www.bbc.co.uk/mediacentre/worldnews/2019/audio-activated (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.
19. Kemp S. Digital 2025 Global Overview Report / We Are Social, Meltwater. — 2025. — URL: https://datareportal.com/reports/digital-2025-global-overview-report (дата обращения: 06.09.2026). — Текст : электронный.

Corporate podcasts as a tool for building brand trust

Rytik Ju.A.
Industream media

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article presents the results of a study of corporate podcasts as a tool for building brand trust. The empirical basis includes a content analysis of more than 120 podcasts launched on behalf of Russian companies and listed in the charts of major podcast platforms as of February 2025, and 25 semi-structured interviews with representatives of large, industry-

significant Russian companies and organizations that shape the business, consumer and expert agenda in finance, retail, development, education and services. The dominant goal for launching a corporate podcast is strengthening ties with partners and market players (32% of respondents); image goals were reported by 16%, creating owned media and building a loyal listener community by 12% each; direct commercial goals by 20%. The production model parameters are: average effort of 51 hours per episode, costs of most companies up to 30 thousand rubles per episode, a weekly rhythm maintained by 33% of companies, and 41.9% of projects discontinued mostly after the first season. A conceptual model of brand trust formation is proposed: long audio contact — parasocial relationships with the host — perceived sincerity and competence of the company — brand trust; moderating conditions are identified. Recommendations for managing corporate podcast projects are formulated.
Keywords: corporate podcast, branded podcast, brand trust, parasocial relationships, content analysis, expert interview, content marketing.

References

1. Mediascope at the RAR conference “Radio in global media competition”. Mediascope. Available at: https://mediascope.net/news/1385234/ (accessed 06.09.2026).
2. The Infinite Dial 2025. Edison Research at SSRS, 2025. Available at: https://ssrs.com/insights/the-infinite-dial-2025/ (accessed 06.09.2026).
3. García-Estévez N., Cartes-Barroso M. J. The branded podcast as a new brand content strategy. Analysis, trends and classification proposal. El Profesional de la Información, 2022, vol. 31, art. e310523. Available at: https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/86961 (accessed 06.09.2026).
4. Mishchenko E. V., Mudrova I. D., Khmelnitskaya A. B., Kazaryan S. A., Akchurina D. R. Kakim obrazom II pomogayet sozdavat’ personalizirovannyye kampanii dlya kontent-marketinga i inflyuens-marketinga? [How does AI help create personalized campaigns for content marketing and influencer marketing?]. Finansovyy biznes, 2025, no. 1 (259), pp. 46–50. (In Russian).
5. Mishchenko E. V., Khmelnitskaya A. B., Yarantseva M. I., Verzhikovskiy D. N., Domnin Z. P. Metody otsenki vliyaniya generativnogo II na vospriyatiye brenda: ot teksta do vizual’nogo kontenta [Methods for assessing the impact of generative AI on brand perception: from text to visual content]. Industrial’naya ekonomika, 2025, no. 2, pp. 82–89. (In Russian).
6. Markina K. Biznes v naushnikakh: kak podkasty rabotayut na uznavayemost’ i doveriye [Business in headphones: how podcasts work for recognition and trust]. Delovoy Mir. Available at: https://delovoymir.biz/biznes-v-naushnikah-kak-podkasty-rabotayut-na-uznavaemost-i-doverie.html (accessed 06.09.2026). (In Russian).
7. Nedashkovskaya A. S., Kazantseva A. V., Vechkinzova E. A., Steblyakova L. P. Vliyaniye podkastov na formirovaniye potrebitel’skogo povedeniya i uznavayemosti brenda [The influence of podcasts on consumer behavior and brand awareness formation]. Kreativnaya ekonomika, 2024. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-podkastov-na-formirovanie-potrebitelskogo-povedeniya-i-uznavaemosti-brenda (accessed 06.09.2026). (In Russian).
8. Avakova E. B., Konechnaya P. I. Rol’ inflyuenserov v formirovanii i ukreplenii doveriya k brendu [The role of influencers in building and strengthening brand trust]. Teleskop: zhurnal sotsiologicheskikh i marketingovykh issledovaniy, 2026, no. 1, pp. 45–51. (In Russian).
9. Okolo 10 millionov rossiyan aktivno slushayut podkasty [About 10 million Russians actively listen to podcasts]. RAEC, 2023. Available at: https://raec.ru/live/branch/14160/ (accessed 06.09.2026). (In Russian).
10. Morgan R. M., Hunt S. D. The commitment-trust theory of relationship marketing. Journal of Marketing, 1994, vol. 58, no. 3, pp. 20–38.
11. Chaudhuri A., Holbrook M. B. The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: the role of brand loyalty. Journal of Marketing, 2001, vol. 65, no. 2, pp. 81–93.
12. Delgado-Ballester M.-C., Munuera-Alemán J. L., Yagüe-Guillén M. J. Development and validation of a brand trust scale. International Journal of Market Research, 2003, vol. 45, no. 1, pp. 35–53.
13. Horton D., Wohl R. R. Mass communication and para-social interaction: observations on intimacy at a distance. Psychiatry, 1956, vol. 19, no. 3, pp. 215–229.
14. Hartmann T., Goldhoorn C. Horton and Wohl revisited: viewing rituals and parasocial interaction. Journal of Communication, 2011, vol. 61, no. 3, pp. 518–537.
15. Ohanian R. Construction and validation of a scale to measure celebrity endorsers’ perceived expertise, trustworthiness, and attractiveness. Journal of Advertising, 1990, vol. 19, no. 3, pp. 39–52.
16. Milovan A.-M., Dobre C., Moisescu O. Boosting brand behavioral intentions via integrated explicit product placements in podcasts. Journal of Business Research, 2025, vol. 189, art. 115129. DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.115129.
17. Host-read podcast ads pack a brand recall punch. Nielsen, 2020. Available at: https://www.nielsen.com/insights/2020/host-read-podcast-ads-pack-a-brand-recall-punch/ (accessed 06.09.2026).
18. Audio:Activated — Harnessing the power of branded podcasts. BBC Global News, 2019. Available at: https://www.bbc.co.uk/mediacentre/worldnews/2019/audio-activated (accessed 06.09.2026).
19. Kemp S. Digital 2025 Global Overview Report. We Are Social, Meltwater, 2025. Available at: https://datareportal.com/reports/digital-2025-global-overview-report (accessed 06.09.2026).

Инициативное изобретательство в экономике знаний: уровни, типы и концепции

Самосват Антон Сергеевич
Патентный поверенный РФ, аспирант, Российская государственная академия интеллектуальной собственности, asamosvat@yandex.ru

В статье проанализированы уровни, типы и концепции инициативного изобретательства, их значение для экономики инноваций.
Раскрыта градация уровней изобретений, рассмотрена актуальность применения данной градации в образовательном процессе, ее значение в системе инновационной деятельности организаций.
Рассмотрены типы инноваций с указанием наиболее распространенной и применяемой классификации. Проведен анализ типов классификаций других авторов, обозначены общие закономерности.
Обосновано применение типизации инноваций в рамках инициативного изобретательства в контексте формальных способов охраны инноваций.
Проанализировано отнесение продуктовых и процессных инноваций в качестве основных типов инноваций теоретико-методологической основы инициативного изобретательства с учетом возможности их отнесения к результатам интеллектуальной деятельности, предусмотренным действующим законодательством. Раскрыта возможность предоставления патентно-правовой охраны в качестве изобретения и/или полезной модели.
Рассмотрены ситуации и приведены примеры непрофильного инициативного изобретательства, предложены принципы «открытых и закрытых инноваций» для таких случаев.
Сделан вывод о необходимости контроля и улучшения процессов ресурсосбережения при создании принципиально новых технологий и знаний, а также о важности разработки экономико-математической модели, обеспечивающей развитие инновационной экономики в целом.
Ключевые слова: экономика знаний, интеллектуальная собственность, инициативное изобретательство, неслужебное техническое творчество, уровни изобретений, типы инноваций, открытые инновации, инновационная деятельность, экономико-математическая модель.

Инициативное изобретательство [16; 17, с. 220–221] в системе инновационной деятельности организаций наряду со служебными разработками играет важную роль в повышении эффективности экономических и инновационных процессов не только отдельной экономической единицы, но и в аккумулировании научных знаний во всем уровне техники.

Изобретательство представляет собой структурированную систему, включающую комплекс действий по созданию новых технических решений, а также ряд операций по определению уровней, типов, концепций.

Такой многоаспектный подход позволяет концентрироваться на наиболее перспективных инновационных проектах, созданных в рамках инициативного изобретательства, и учитывать диверсификационные возможности [4] конкретной организации.

Научные источники, описывающие уровни, типы и концепции изобретательства в инновационной деятельности, не предлагают единой классификации. Тем не менее, они содержат достаточную методологическую базу для сопоставления инноваций с объектами инициативного изобретательства.

Для определения уровня инициативного изобретательства в системе инновационной деятельности необходимо классифицировать результаты этой деятельности на основе иерархической структуры изобретений.

Существуют различные уровни изобретений. Так, Г.С. Альтшуллер рассматривает их деление на пять уровней [1, с. 49–54]:

«Решение таких задач не связано с устранением технических противоречий и приводит к мельчайшим изобретениям.

Задачи с техническими противоречиями, легко преодолеваемыми с помощью способов, известных применительно к родственным системам.

Противоречие и способ его преодоления находятся в пределах одной науки, т. е. механическая задача решается механически, химическая задача - химически.

Синтезируется новая техническая система. В задачах четвертого уровня противоречия устраняются средствами, подчас далеко выходящими за пределы науки, к которой относится задача (например, механическая задача решается химически).

Изобретательская ситуация представляет собой клубок сложных проблем (например, очистка океанов и морей от нефтяных и прочих загрязнений). Число вариантов, которое необходимо перебрать для решения, практически неограниченно. Это изобретение создает принципиально новую систему».

Данный подход находит свое развитие в работе Е. С. Шаньгина. Автор адаптирует и дополняет классическую классификацию, предложенную Г. С. Альтшуллером, с учетом современных требований к подготовке инженерно-технических кадров [22].

Критерии градации уровней технических решений могут быть адаптированы для анализа всего спектра результатов инициативного изобретательства, включая рационализаторские предложения и инновации.

Таким образом, деление изобретений позволяет определить, на какой иерархической ступени находится разработка, и сделать выводы не только об уровне, но и о возможности реализации, учитывая производственные возможности, задачи и приоритеты организации.

Руководствуясь тем, что патенты являются формальным методом охраны инноваций [14, с. 78], классификация объектов инициативного изобретательства может соотноситься с типами инноваций, планируемых к правовой защите.

Для определения объекта, созданного в рамках инициативного изобретательства, проводится сравнительный анализ с типом инноваций.

Наиболее распространенная классификация инноваций, основанная на методологии Осло, различает четыре их типа [14, с. 32–35]:

«Продуктовая инновация - введение в употребление товара или услуги, являющихся новыми или значительно улучшенными по части их свойств или способов использования.

Процессная инновация - внедрение нового или значительно улучшенного способа производства или доставки продукта. Сюда входят значительные изменения в технологии, производственном оборудовании и/или программном обеспечении.

Маркетинговая инновация - внедрение нового метода маркетинга, включая значительные изменения в дизайне или упаковке продукта, его размещении, продвижении на рынок или в назначении цены.

Организационная инновация - внедрение нового организационного метода в деловой практике предприятия, в организации рабочих мест или внешних связей».

Такая классификация позволяет широко охватить весь диапазон создаваемых инноваций, в том числе и в рамках инициативного изобретательства.

Существуют и другие классификации инноваций.

Ряд ученых выдвигали свои предложения по типизации: А.И. Пригожин [13], П.Н. Завлин и А.В. Васильев [11], И.Т. Балабанов [2], Ф. Валента [5], В.В. Горшков и Е.А. Кретова [9], М. Хучек [20].

Следует отметить, что критерии классификации инноваций в ряде существующих подходов совпадают с признаками определения объектов инициативного изобретательства.

Градация инноваций на продуктовые встречается и в классификации А.И. Пригожина [13].

В свою очередь, выделенные И. Т. Балабановым [2] инновации в форме продукта и операции по своей сути тождественны продуктовым и процессным инновациям [14], определения которых были рассмотрены ранее.

Проанализировав классификации инноваций по типам, можно сделать вывод, что единой общепринятой типизации, которой необходимо руководствоваться как единственно верной, не разработано. Это предоставляет возможности для применения различных теоретических моделей с учетом конкретной задачи, а также для выбора типов инноваций из нескольких источников.

С учетом того, что инициативное изобретательство предполагает охрану с использованием патентных процедур, предусмотренных действующим законодательством, в качестве основных типов инноваций теоретико-методологической основы инициативного изобретательства в системе инновационной деятельности организации целесообразно акцентировать внимание на продуктовых и процессных инновациях, так как объекты, созданные в таких типах инноваций, могут являться результатами интеллектуальной деятельности, в отношении которых применимо патентование, а именно: «В качестве изобретения охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств), в том числе к применению продукта или способа по определенному назначению» [10].

Разработки, созданные в рамках продуктового и процессного направлений, после прохождения установленных экспертиз в Роспатенте признаются изобретениями и/или полезными моделями, если они удовлетворяют условиям патентоспособности [10].

Результаты инициативного изобретательства могут как соответствовать текущему профилю организации, так и выходить за его пределы. Например, сотрудник электрометаллургического завода может предложить техническое решение, относящееся к производству специализированных сталей для арктического судостроения, тем самым расширив диверсификационный потенциал предприятия.

Исследователь, обладающий способностью генерировать новые идеи, нередко стремится применить свои знания в самых разных направлениях техники, невзирая на текущее место работы и занимаемую должность.

Для верификации вышеприведенного утверждения рассмотрим деятельность отдельных исторических личностей с акцентом на профиль направления идей: Леонардо да Винчи (1452-1519). «Перечень изобретений весьма внушителен: многоуровневый мост, водяные лыжи, махолёт, парашют, вертолёт, пушка, танк, самоходная тележка, акваланг, приспособления для водолаза, землечерпалка, ткацкие станки, прялка, спасательный круг, ламповое стекло, флейта и многое другое» [7, с. 16].

Томас Дэвенпорт (1802-1851), американский кузнец. «В 1833 году он получил электромагнит у Джозефа Генри, другого американского пионера технологий, который вместе с Фарадеем считается первооткрывателем электромагнитной индукции и начал собственные эксперименты. Уже в следующем году, как сообщается, он построил и публично продемонстрировал свой первый электродвигатель с постоянным током. Говорят, что он действительно хотел подать заявку на патент уже в 1835 году — почему из этого ничего не произошло, неясно» [27] .

Иоффе Абрам Фёдорович (1880 - 1960), известный отечественный ученый-физик. Несмотря на то, что его научные опыты, в том числе по измерению заряда электрона, по большей части были связаны с областью физики, но также применял свои знания для создания инноваций в разных сферах человеческой деятельности: «В трудные военные годы вся деятельность А.Ф.Иоффе и подчиненных ему учреждений направлена на помощь фронту. Он возглавил работы по усовершенствованию танковой брони, а также предложил оригинальную конструкцию солдатского котелка, ко дну которого крепилась секция полупроводниковых спаев» [7, с. 252].

Ландау Лев Давидович (1908 - 1968). «Ландау публикует работы на самые разные темы: происхождение энергии звезд, дисперсия звука, рассеяние света, магнитные свойства материалов, сверхпроводимость, фазовые переходы, низкотемпературные системы и их свойства» [7, с. 261].

Следовательно, инициативные разработки авторов зачастую носят межотраслевой характер, выходя далеко за пределы одной предметной области.

Ограниченность инновационного развития организации часто обусловлена двумя факторами. Во-первых, неготовностью менеджмента инвестировать в непрофильные результаты инициативного изобретательства. Во-вторых, отсутствием кадров, обладающих навыками создания востребованных профильных решений. Это существенно усложняет процессы генерации и коммерциализации передовых технологий в целевых и смежных отраслях.

Описанные сложности в инновационной системе организации нуждаются в дополнительном исследовании с целью поиска компромиссных управленческих решений.

С целью обеспечения стратегической гибкости в принятии решений в таких случаях целесообразно применять положения концепции «открытых и закрытых инноваций», предложенной Г. Чесбро [21; 26].

Суть данного подхода подробно изложена в профильных монографических исследованиях, где автор отмечает: «ценные идеи могут поступать как из самой компании, так и извне, и наоборот – могут оказываться на рынке в результате как действий самой компании, так и других структур» [21, с. 97].

При закрытых инновациях организация не предполагает поступления идей извне, использует внутренние источники создания инноваций, контролирует создание результата интеллектуальной деятельности на всех стадиях инновационного процесса.

Для «открытых и закрытых инноваций» [21] предусмотрен свой алгоритм взаимодействия участников и свои принципы. Сравнительный анализ ключевых принципов наглядно представлен в табл. 1.

Таблица 1
Сравнение принципов закрытых и открытых инноваций

Принципы закрытых инноваций	Принципы открытых инноваций
Талантливые люди, разбирающиеся в этой области, работают у нас.	Далеко не все талантливые люди работают на нас. Мы должны взаимодействовать с талантливыми людьми, действующими как в нашей компании, так и за ее пределами.
Чтобы получить прибыль от НИОКР, мы должны сами совершить открытие, разработать его до уровня продукта и довести до конечного результата.	Значительную ценность могут создать внешние НИОКР, внутренние НИОКР необходимы, чтобы получить часть этой ценности.
Если мы сделаем открытие сами, то сможем первыми выйти с ним на рынок.	Нам не обязательно самим проводить исследования, чтобы на основе их результатов получить прибыль.
Компания, которая доводит инновацию до рынка первой, выигрывает.	Создание более совершенной модели бизнеса важнее, чем выход первым на рынок.
Если мы сами создадим в отрасли большую часть лучших идей, мы выиграем.	Если мы наилучшим образом воспользуемся внутренними и внешними идеями, мы выиграем.
Мы должны хорошо контролировать нашу интеллектуальную собственность, чтобы конкуренты не воспользовались нашими идеями с прибылью для себя.	Мы должны получать прибыль от использования другими нашей интеллектуальной собственности, и мы сами должны покупать интеллектуальную собственность у других компаний всякий раз, когда она соответствует нашей бизнес-модели.

Источник: [21, с. 31–32]

Концепция открытых инноваций Г. Чесбро находит широкую поддержку в трудах российских ученых. В частности, вопросы её практического внедрения и теоретического развития рассматриваются в работах Л. С. Орловой [12], О. С. Храмовой [19], А. В. Белошицкого [3], а конкретные методические улучшения и модели представлены в публикациях Э. В. Геринга, П. В. Кветкина [6] и М. В. Русинова [15].

Консенсус мнений ведущих ученых-экономистов относительно применимости концепции открытых и закрытых инноваций подтверждает высокую степень её теоретической зрелости и актуальности для российской науки, особенно в контексте развития инициативного изобретательства.

Использование методологии открытых инноваций помогает соотнести неслужебное «техническое творчество» [23, с. 16] с инновационными потребностями компании, предоставляя руководству эффективный инструментарий для управления разнородными потоками идей.

Применение принципов концепции открытых и закрытых инноваций, их типизации, а также определение уровня разработки, созданной в рамках инициативного изобретательства, являются важными элементами для расширения арсенала используемых средств в инновационной деятельности организаций, обеспечивая стратегическую гибкость принимаемых решений при создании и внедрении новых разработок.

Применение элементов системы инициативного изобретательства (уровни, типы, концепции) в инновационной деятельности организаций позволяет контролировать и совершенствовать внутренние технологические процессы. Обеспечивая стабильное ресурсосбережение, предприятие повышает эффективность функционирования собственной инновационной инфраструктуры, а также формирует положительные эффекты, которые «приносят пользу не только этим организациям, но и другим субъектам, например пользователям услугами инновационной инфраструктуры и в конечном счете государству в целом» [18].

Формирование системы инициативного изобретательства в организации закладывает основу для создания многоступенчатой экономико-математической модели оценки. Сфера её применения охватывает анализ перспективности продуктов и технологий, полученных как в рамках рассматриваемого процесса, так и в рамках любого другого «технического творчества» [23, с. 16].

Разработка и внедрение многоступенчатой экономико-математической модели позволят оперативно идентифицировать и коммерциализировать наиболее перспективные разработки, увеличивая их вклад в экономическое развитие предприятия.

Экономика растет не только потому, что в ней становится больше заводов или рабочих рук, но и благодаря созданию принципиально новых технологий и знаний.

Литература

1. **Альтшуллер, Г. С.** Найти идею: введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач. – 3-е изд., доп. – Петрозаводск : Скандинавия, 2003. – 240 с.
2. **Балабанов, И. Т.** Инновационный менеджмент : учеб. пособие для вузов. – СПб. : Питер, 2017. – 304 с.
3. **Белошицкий, А. В.** Эволюция бизнес-моделей промышленных сервисных компаний / А. В. Белошицкий // Chronos. – 2021. – Т. 6, № 1(51). – С. 64–66.
4. **Боумэн, К.** Основы стратегического менеджмента / пер. с англ. под ред. Л. Г. Зайцева, М. И. Соколовой. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 175 с.
5. **Валента, Ф.** Творческая активность – инновации – эффект. – М. : Эксмо, 2018. – 400 с.
6. **Геринг, Э. В.** Реализация открытой инновационной бизнес-модели в сотрудничестве компаний и университетов в России / Э. В. Геринг, П. В. Кветкин // XII Конгресс молодых ученых : сб. науч. тр., Санкт-Петербург, 03–06 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург : Национальный исследовательский университет ИТМО, 2023. – С. 14–18.
7. **Голубь, П. Д.** Из жизни творцов физической науки / П. Д. Голубь, А. В. Овчаров, А. Д. Насонов. – Барнаул : Алтайский государственный педагогический университет, 2017. – 359 с. – ISBN 978-5-88210-512-8.
8. **Горцевская, О. Г.** Эволюция концепции открытых инноваций в научном менеджменте / О. Г. Горцевская, А. С. Грушицын // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Т. 13, № 11-1. – С. 755–761. – DOI 10.34670/AR.2023.22.88.084.
9. **Горшков, В. В.** Инновационные риски / В. В. Горшков, Е. А. Кретова. – СПб. : [б. и.], 1996. – 63 с.
10. **Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая)** : Фед. закон от 18.12.2006 № 230-ФЗ : [принят Гос. Думой 24.11.2006 : ред. от 30.01.2026] // Собр. законодательства РФ. – 2006. – № 52 (ч. 1). – Ст. 5496.
11. **Завлин, П. Н.** Оценка эффективности инноваций / П. Н. Завлин, А. В. Васильев. – СПб. : Изд. Дом «Бизнес-пресса», 1998. – 215 с.
12. **Орлова, Л. С.** Классификация стратегий применения инструментов открытых инноваций / Л. С. Орлова // Сборник по итогам проведения Всероссийской научно-практической конференции «Стратегии бизнеса и их интернационализация» : материалы Всероссийской науч.-практ. конф., Москва, 25 февраля 2020 года. – Москва : Издательский дом «Реальная экономика», 2020. – С. 225–230.
13. **Пригожин, А. И.** Нововведение: стимулы и перспективы. – М. : Политиздат, 1998. – 81 с.
14. **Руководство Осло: рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям** / Орг. экон. сотрудничества и развития, Стат. бюро европ. сообществ. – 3-е изд. – Томск : Центр исследований и статистики науки, 2011. – 205 с.
15. **Русинов, М. В.** Эволюция методов управления инновациями в корпоративном бизнесе / М. В. Русинов // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2018. – № 3. – С. 82–85.
16. **Самосват, А. С.** База данных патентов для оценки показателя и видов инициативного изобретательства : свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026623134 Российская Федерация / А. С. Самосват ; заявл. 04.06.2026 ; опубл. 10.07.2026.
17. **Самосват, А. С.** Современный подход к понятию инициативного изобретательства / А. С. Самосват // Журнал прикладных исследований. – 2026. – № 4. – С. 217-222. – DOI 10.34755/IROK.2026.73.71.088.
18. **Смирнова, В. Р.** Ресурсосбережение как основа формирования инновационной инфраструктуры России / В. Р. Смирнова, Д. И. Кокурин, С. В. Чернявский, Д. В. Ветчинников // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2022. – № 60. – С. 302–314. – DOI 10.17223/19988648/60/18.
19. **Храмова, О. С.** Экономика знаний и концепция открытых инноваций / О. С. Храмова // Современные инструменты, методы и технологии управления знаниями. – 2018. – № 1(1). – С. 8–13.
20. **Хучек, М.** Инновации на предприятиях и их внедрение. – М. : Луч, 1992. – 340 с.
21. **Чесбро, Г.** Открытые инновации: создание прибыльных технологий / Генри Чесбро ; пер. с англ. В. Н. Егорова. – Москва : Поколение, 2007. – 336 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-9763-0054-5.
22. **Шаньгин, Е. С.** Методология изобретательства : учеб. пособие для учащихся вузов и колледжей техн. специальностей. – Нижневартовск : НВГУ, 2020. – 128 с.
23. **Шведова, В. В.** Методологические основы творческой деятельности : учебник. – Москва : РГИИС, 2010. – 208 с.
24. **Щелоков, Д. А.** Эволюция теории конкурентных стратегий / Д. А. Щелоков // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 1(66). – С. 947–951. – DOI 10.34920/124151.1.2025.114.
25. **Chesbrough, H.** Henry Chesbrough – Forbes Blog [Electronic resource] // Forbes. – 2026. – URL: forbes.com (accessed: 01.09.2026).
26. **German Patent and Trade Mark Office.** Great Inventors: Thomas Davenport — early electric motor pioneer [Electronic resource] // German Patent and Trade Mark Office (DPMA) : [website]. – 2020. – URL: dpma.de (дата обращения: 08.09.2026).

Grassroots Invention in the Knowledge Economy: Levels, Types, and Concepts

Samosvat A.S.

Russian State Academy of Intellectual Property

The levels, types, and concepts of employee-driven innovation within organizational activities are analyzed, along with their significance for the innovation economy.

The paper discloses the most widely known grading system for invention levels and examines its application in the educational process, emphasizing its role within organizational innovation.

Furthermore, types of innovations are addressed using the most prevalent taxonomy. Classifications proposed by other authors are analyzed, and common regularities are underscored.

The application of innovation typing within employee-driven inventing is substantiated in the context of formal intellectual property protection.

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The assignment of product and process innovations as the core of employee-driven inventing is scrutinized, considering their classification as results of intellectual activity under current legislation. The feasibility of granting patent protection as an invention or a utility model is outlined.

Cases of non-core employee-driven inventing are reviewed, and "open and closed innovations" principles are proposed.

The study concludes that monitoring resource-saving processes is essential when generating new technologies. Additionally, it emphasizes developing an economic-mathematical model ensuring innovation economy growth for the state as a whole.

Keywords: knowledge economy, intellectual property, grassroots invention, employee-driven technical creativity, levels of invention, types of innovation, open innovations, innovative activity, economic-mathematical model.

References

1. Altshuller, G. S. Finding an Idea: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). – 3rd ed., supplemented. – Petrozavodsk: Skandinaviya, 2003. – 240 p.
2. Balabanov, I. T. Innovation Management: A Textbook for Higher Education Institutions. – St. Petersburg: Piter, 2017. – 304 p.
3. Beloshitsky, A. V. Evolution of Business Models for Industrial Service Companies / A. V. Beloshitsky // Chronos. – 2021. – Vol. 6, No. 1(51). – pp. 64–66.
4. Bowman, C. Fundamentals of Strategic Management / translated from English, edited by L. G. Zaytsev and M. I. Sokolova. – Moscow: Banki i Birzhi, UNITY, 1997. – 175 p.
5. Valenta, F. Creative Activity – Innovations – Effect. – Moscow: Eksmo, 2018. – 400 p.
6. Gering, E. V., & Kvetkin, P. V. Implementation of an Open Innovation Business Model through Collaboration Between Companies and Universities in Russia / E. V. Gering, P. V. Kvetkin // XII Congress of Young Scientists: Collection of Scientific Papers, St. Petersburg, April 3–6, 2023. – St. Petersburg: ITMO University, 2023. – pp. 14–18. 7. Golub, P. D. From the Lives of the Creators of Physical Science / P. D. Golub, A. V. Ovcharov, A. D. Nasonov. – Barnaul: Altai State Pedagogical University, 2017. – 359 p. – ISBN 978-5-88210-512-8.
8. Gortsevskaya, O. G. Evolution of the Open Innovation Concept in Scientific Management / O. G. Gortsevskaya, A. S. Grushitsyn // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. – 2023. – Vol. 13, No. 11-1. – pp. 755–761. – DOI 10.34670/AR.2023.22.88.084.
9. Gorshkov, V. V. Innovation Risks / V. V. Gorshkov, E. A. Kretova. – St. Petersburg: [s.n.], 1996. – 63 p.
10. Civil Code of the Russian Federation (Part Four): Federal Law No. 230-FZ of December 18, 2006 [adopted by the State Duma on November 24, 2006; as amended on January 30, 2026] // Collected Legislation of the Russian Federation. – 2006. – No. 52 (Part 1). – Art. 5496.
11. Zavlin, P. N. Assessing the Effectiveness of Innovations / P. N. Zavlin, A. V. Vasiliev. – St. Petersburg: Business-Press Publishing House, 1998. – 215 p. 12. Orlova, L. S. Classification of Strategies for Applying Open Innovation Tools / L. S. Orlova // Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Business Strategies and Their Internationalization," Moscow, February 25, 2020. – Moscow: "Realnaya Ekonomika" Publishing House, 2020. – pp. 225–230.
13. Prigozhin, A. I. Innovation: Incentives and Prospects. – Moscow: Politizdat, 1998. – 81 p.
14. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data / Organisation for Economic Co-operation and Development, Statistical Office of the European Communities. – 3rd ed. – Tomsk: Center for Science Research and Statistics, 2011. – 205 p.
15. Rusinov, M. V. Evolution of Innovation Management Methods in Corporate Business / M. V. Rusinov // Bulletin of the Faculty of Management, Saint Petersburg State University of Economics (UNECON). – 2018. – No. 3. – pp. 82–85.
16. Samosvat, A. S. Patent Database for Assessing the Indicator and Types of Proactive Inventive Activity: Certificate of State Registration of a Database No. 2026623134, Russian Federation / A. S. Samosvat; filed June 4, 2026; published July 10, 2026. 17. Samosvat, A. S. A Modern Approach to the Concept of Proactive Inventive Activity / A. S. Samosvat // Journal of Applied Research. – 2026. – No. 4. – pp. 217–222. – DOI 10.34755/IROK.2026.73.71.088.
18. Smirnova, V. R. Resource Conservation as a Foundation for Developing Russia's Innovation Infrastructure / V. R. Smirnova, D. I. Kokurin, S. V. Chernyavsky, D. V. Vetchinnikov // Tomsk State University Journal of Economics. – 2022. – No. 60. – pp. 302–314. – DOI 10.17223/19988648/60/18.
19. Khramova, O. S. The Knowledge Economy and the Concept of Open Innovation / O. S. Khramova // Modern Tools, Methods, and Technologies for Knowledge Management. – 2018. – No. 1(1). – pp. 8–13.
20. Huchek, M. Innovation in Enterprises and Its Implementation. – Moscow: Luch, 1992. – 340 p.

Цифровизация проектного управления в сфере дорожного ГЧП

Самыловских Дмитрий Вадимович
аспирант, кафедра Экономической политики и государственно-частного партнерства (ЭПГЧП), факультет Международного бизнеса (МБ), МГИМО МИД России, samylovskikhd@gmail.com

В статье проведено исследование тенденций и проблем внедрения инструментов цифровой трансформации при реализации проектов дорожного строительства на основе государственно частного партнёрства (ГЧП). Установлено, что современные цифровые технологии, применяемые в жизненном цикле дорожных проектов, включают информационное моделирование, цифровые двойники, интернет вещей, аналитику больших данных, блокчейн, системы геоинформационного анализа и виртуальную реальность. Результатом исследования является разработанная концептуальная модель управления проектами дорожного строительства с использованием цифровых инструментов, направленная на повышение качества проектирования, сокращение сроков строительства, повышение прозрачности и совершенствование эксплуатационного обслуживания.
Ключевые слова: дорожное строительство, государственно-частное партнёрство, проектное управление, цифровизация, управление жизненным циклом.

Качество и состояние дорог очень важны в контексте развития государства. В России более полутора миллионов километров автомобильных дорог. Однако большая часть этих дорог нуждается в ремонте [1]. Средства в бюджете ограничены и их не хватает на своевременный ремонт старого дорожного покрытия и на укладку нового. Для решения данной проблемы государство уделяет всё больше внимания партнёрству с частными компаниями. По данным АИИК, к 2024 году было заключено почти 3,5 тысячи подобных соглашений, а общая сумма вложений составила почти пять триллионов рублей. Причём около 70% средств – частные инвестиции. Особенно активно бизнес вкладывается в транспорт – 117 проектов на суму 2,4 трлн. руб. Это свидетельствует о том, что ГЧП является тем механизмом, который действительно вносит существенный вклад в развитие дорожных систем [2].

Сейчас многие инфраструктурные проекты переживают цифровую трансформацию. И дорожная сфера – не исключение. В ней происходит переход к управлению на основе данных и внедрение технологий Индустрии 4.0. Это означает, что всё больше решений принимается «интеллектуально», с опорой на «цифры» и умные системы. Такой подход помогает быстрее находить проблемы на дорогах, способствует сокращению сроков и делает проекты прозрачнее [3]. Это серьёзный шаг вперёд.

Цель статьи – провести обзор существующих и перспективных цифровых инструментов управления проектами дорожного строительства в рамках ГЧП и разработать концептуальную модель их интеграции в жизненный цикл инфраструктурных объектов.

В данной статье применены следующие методы исследования:

– анализ литературных источников и нормативных документов;

– контент-анализ средств массовой информации и профессиональных порталов;

– статистический анализ количества и структуры проектов ГЧП, объёмов инвестиций и динамики рынка цифровых двойников;

– системный и сравнительный анализ.

В ходе цифровой трансформации отрасли дорожного строительства ключевыми инструментами выступают внедрение искусственного интеллекта и принятие решений на основе данных и аналитики, дистанционный мониторинг с помощью датчиков и интернета вещей, создание цифровых двойников и BIM-моделей, использование технологий виртуальной и дополненной реальности, а также разработка умных материалов [4].

Одним из значимых цифровых инструментов является технология цифровых двойников (Digital Twin), которая позволяет в реальном времени сопоставлять физический объект с его виртуальной моделью. Цифровой двойник – это динамическая виртуальная модель физического объекта, обновляющаяся в реальном времени. Она основана на данных, получаемых с датчиков и других источников. В дорожном хозяйстве цифровые двойники используются для моделирования функционирования покрытия, прогнозирования износа, управления движением и планирования ремонтов. Масштабирование этой технологии зависит от развития интернета вещей и аналитики больших данных. Исследования показывают, что интеграция цифровых двойников в управление инфраструктурой повышает точность прогнозов и позволяет своевременно реагировать на потенциальные неисправности, что существенно снижает эксплуатационные расходы [3]. BIM-модель является, в свою очередь, фундаментом. Без качественной BIM-модели создать эффективный цифровой двойник дороги практически невозможно, так как у него не будет точной «геометрической и инженерной базы».

Анализ мирового рынка показывает, что ведущими по внедрению цифровых двойников являются США, Китай и страны ЕС. В России пилотные проекты реализуются в Московской области, на федеральных трассах М-11 и М-12, а также на мостовых сооружениях. Эксперты считают, что в ближайшие пять лет технология станет массовой благодаря снижению стоимости датчиков и развитию отечественных платформ. Глобальный рост рынка цифровых двойников приведёт к увеличению числа специалистов и снижению барьеров входа [4].

Еще одним цифровым инструментом управления проектами является интернет вещей (IoT). Он включает сеть датчиков, устройств и программных систем, позволяющих собирать и обмениваться данными. В дорожной отрасли IoT применяется для мониторинга температуры, влажности, нагрузки, вибраций, плотности движения и других параметров. Современные датчики могут быть интегрированы в дорожное покрытие, мосты, знаки и автомобили. Собранные данные передаются в облачные платформы, где анализируются алгоритмами ИИ. Специалисты российской академии транспорта подчёркивают, что использование датчиков и удалённого мониторинга позволяет оперативно выявлять дефекты, предотвращать аварии и оптимизировать обслуживание [5]. Применение IoT создаёт возможность перехода от планово-предупредительного ремонта к обслуживанию по состоянию («predictive maintenance»). Это снижает эксплуатационные расходы и повышает качество обслуживания дорог, что выгодно частному партнёру. Для эффективного внедрения необходимы стандарты передачи данных, надёжная связь и защищённая инфраструктура.

Такой инструмент, как Big Data с использованием методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет обрабатывать данные, поступающие от BIM-моделей, датчиков и внешних источников, и принимать решения в реальном времени.

Алгоритмы ИИ используются для прогнозирования состояния покрытия, выявления аномалий, оптимизации маршрутов перевозки, управления трафиком и планирования ремонтов. Кроме того, машинное обучение применяется для анализа погодных данных, социальных и экономических факторов, влияющих на дорожную сеть, что позволяет повысить качество стратегического планирования.

Блокчейн – это распределённая база данных, обеспечивающая неизменность записей и прозрачность транзакций. В дорожном строительстве блокчейн может использоваться для фиксации поставок материалов, заключения и исполнения контрактов, отслеживания финансовых потоков и управления регистрами собственности. Эксперты отмечают, что применение блокчейна позволяет повысить доверие между участниками ГЧП, снизить риск мошенничества и упростить проверку соблюдения условий договоров [4]. В перспективе блокчейн может стать частью платформы управления дорожными проектами, интегрированной с BIM и цифровыми двойниками. Блокчейн также может быть использован для автоматизации платежей в соответствии с фактическим состоянием объекта, фиксируемым через IoT-датчики и цифровые модели. Это создаёт механизм «умных контрактов», который автоматически перечисляет вознаграждение частному партнёру при достижении определённых параметров (например, коэффициента ровности покрытия или времени устранения дефектов).

ГИС и спутниковые системы используются для пространственного анализа дорожной сети, мониторинга транспорта и картирования. Ведущие программные комплексы в области ГИС (QGIS, ArcGIS и AutoCAD Civil 3D) располагают развитыми возможностями, необходимыми для разработки и экспертной оценки объектов дорожного строительства [6]. Интеграция данных ГИС с BIM-моделями обеспечивает визуализацию проекта в контексте реальной местности, анализ природных условий и идентификацию рисков. В рамках ГЧП применение ГИС-сервисов облегчает взаимодействие с пользователями (например, информирование о пробках и ограничениях), позволяет прогнозировать интенсивность движения и рассчитывать тарифы для платных дорог.

Такой цифровой инструмент, как AR/VR применяется для визуализации проектов и обучения персонала [7]. Технологии позволяют провести виртуальную экскурсию по строящемуся объекту, выявить проектные коллизии, обучить работников безопасным методам ведения работ и презентабельно представить проект инвесторам. Дополненная реальность может использоваться для оперативной работы на строительной площадке: например, инженер, наведя планшет на участок, сразу видит слои конструкции, расположение коммуникаций и параметры объекта.

На основе анализа литературы, нормативных документов, выявления особенностей и преимуществ каждой из рассматриваемых технологий была разработана концептуальная модель интеграции цифровых инструментов в жизненный цикл дорожного проекта, реализуемого в рамках ГЧП. Модель включает 3 этапа и ключевые цифровые решения:

– инициирование и планирование;

– строительство;

– эксплуатация и обслуживание;

На стадии инициирования и планирования выполняется анализ потребностей, обоснование инвестиций и выбор формы ГЧП. Используются ГИС для пространственного анализа, экономические модели и портфельные системы для сравнения вариантов. Разрабатывается предварительная BIM-модель дорожного коридора и формируется цифровой двойник, на котором имитируется воздействие разных сценариев. BIM-модель должна разрабатываться с учётом геологии, климатических условий, инженерных сетей и требований к безопасности. Модель проходит экспертизу и согласование в электронной форме. На основе модели разрабатываются сметы и графики. Параллельно настраивается сенсорная система и планируется архитектура IoT для будущего мониторинга.

На втором этапе все строительные процессы контролируются с использованием BIM-модели, которая связана с календарно-сетевым графиком и логистикой поставок. Данные о расходе материалов и выполненных работах заносятся в систему, обеспечивая прозрачность и проверяемость. Дополненная реальность применяется для контроля качества, а роботизированные комплексы – для укладки покрытия. Также на данном этапе могут применяться БПЛА, GPS-трекинг, 3D-нивелирование и IoT-датчики. В настоящее время данные технологии используются совместно с принципами Lean Construction (Бережливое производство) [8]. Например, Just-in-Time & Visual Management реализуются более эффективно с помощью дронов, IoT-датчиков и ГЛОНАСС-мониторинга. Они в реальном времени отслеживают перемещение сырья и транспорта, что позволяет прогнозировать время прибытия с точностью до минут и исключать простои. Наиболее релевантными технологиями для Poka-Yoke являются спутниковое нивелирование спецтехники и инструменты ИИ, так как они автоматизируют контроль и физически исключают человеческий фактор в сложных рабочих процессах.

На третьем этапе активируется цифровой двойник, интегрированный с датчиками. Система IoT передаёт данные о состоянии дорожного покрытия, погоде, транспортных потоках и т.д., которые анализируются алгоритмами ИИ. На основе прогнозов планируются профилактические ремонты. Блокчейн фиксирует все финансовые транзакции и обеспечивает автоматическое начисление платежей при выполнении условий контракта. Пользователи получают информацию о состоянии дороги и времени в пути через приложения и системы навигации.

Интеграция цифровых технологий позволяет создать непрерывный информационный поток между стадиями. Это обеспечивает прозрачность, повышает эффективность принятия решений и формирует единую информационную среду, доступную всем участникам ГЧП.

Комплексное применение BIM, цифровых двойников, IoT и AI решает большинство проблем дорожного строительства – от фрагментации данных до дефицита ресурсов. Блокчейн актуален для обеспечения прозрачности и безопасности транзакций, а ГИС и AR/VR дополняют основные технологии.

Таким образом, цифровизация дорожного хозяйства – это ключевое направление модернизации инфраструктуры и, в то же время, необходимое условие успешной реализации проектов на основе ГЧП. Исследование показало, что применение BIM-технологий, цифровых двойников, IoT, искусственного интеллекта, блокчейна и ГИС существенно повышает эффективность управления проектами, снижает издержки и обеспечивает прозрачность взаимоотношений между государством и инвесторами. Однако стоит учитывать тот факт, что при использовании передовых технологий могут возникнуть такие трудности, как высокие расходы на внедрение, несовершенство законодательной базы в этой сфере и риски информационной безопасности.

Литература

1. Диденко Д. Н. Цифровая трансформация сферы транспорта и дорожного хозяйства России // Вестник науки. – 2024. – Т. 2, № 12 (81). – с. 973–982.
2. Вышел в свет информационно-аналитический Дайджест АИИК о состоянии ГЧП в России в 2023 году // Ассоциация инфраструктурных инвесторов и кредиторов (АИИК). 2024.
3. Buuveibaatar, M.; Shin, S.; Lee, W. Digital Twin Framework for Road Infrastructure Management. Appl. Sci. 2025, 15, 5765.
4. Душкин Р. Цифровая трансформация обеспечит улучшение дорожной инфраструктуры // Российская академия транспорта. 2023. 20.
5. Инновации и цифровизация в дорожном строительстве // Электронный путевой журнал. 2024.
6. Черемисин И. О., Черемисина Е. Н. Эффективность использования ГИС-технологий в дорожном строительстве: анализ, сравнение и рекомендации // Вестник науки. 2025. №10 (91).
7. Талалай Е.А., Кужепикшева А.Д., Маринин А.Н., Бреус Н.Л. Анализ применения технологий расширенной реальности в строительной отрасли // Вестник евразийской науки. 2025. №2.
8. Самыловских Д.В. Интеграция гибридного подхода в систему управления дорожно-строительными проектами на основе ГЧП // Экономическое развитие России. 2026. №8.

Digitalization of Project Management in the Road-Sector PPP (Public-Private Partnership)

Samylovskikh D.V.

MGIMO University (Ministry of Foreign Affairs of Russia)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines trends and challenges in implementing digital transformation tools in road construction projects under public-private partnerships (PPPs). It is established that modern digital technologies applied in the road project lifecycle include building information modeling), digital twins, the Internet of Things, big data analytics, blockchain, geoinformation systems, and virtual reality. The study developed a conceptual model for managing road construction projects using digital tools, aimed at improving design quality, reducing construction timelines, increasing transparency, and improving operational maintenance.

Keywords: road construction, public-private partnerships, project management, digitalization, lifecycle management.

References

1. Didenko D. N. Digital Transformation of the Transport and Road Sector in Russia // Vestnik nauki. – 2024. – Vol. 2, No. 12 (81). – pp. 973–982.
2. The AIIC Information and Analytical Digest on the State of PPP in Russia in 2023 has been published // Association of Infrastructure Investors and Lenders (AIIC). 2024.
3. Buuveibaatar, M.; Shin, S.; Lee, W. Digital Twin Framework for Road Infrastructure Management. Appl. Sci. 2025, 15, 5765.
4. Dushkin R. Digital Transformation Will Improve Road Infrastructure // Russian Academy of Transport. 2023. 20.
5. Innovations and Digitalization in Road Construction // Electronic Travel Journal. 2024.
6. Cheremisin I. O., Cheremisina E. N. The effectiveness of using GIS technologies in road construction: analysis, comparison, and recommendations // Vestnik nauki. 2025. No. 10 (91).
7. Talalay E. A., Kuzhepiksheva A. D., Marinin A. N., Breus N. L. Analysis of the use of extended reality technologies in the construction industry // Vestnik evraziyskoy nauki. 2025. No. 2.
8. Samylovskikh D.V. Integration of a hybrid approach into the management system for road construction projects based on PPP // Economic Development of Russia. 2026. No. 8.

К вопросу об управлении рисками дорожно-инфраструктурного проекта на основе ГЧП

Самыловских Дмитрий Вадимович
аспирант, кафедра Экономической политики и государственно-частного партнерства (ЭПГЧП), факультет Международного бизнеса (МБ), МГИМО МИД России, samylovskikhd@gmail.com

В статье исследуется процесс прединвестиционной подготовки дорожных проектов, реализуемых на принципах государственно-частного партнерства (ГЧП). Автором научно обоснован отказ от традиционной статичной оценки потенциальных угроз в пользу динамического итерационного подхода к формированию матрицы рисков. Применение предложенного метода исключает субъективную оценку параметров, позволяет идентифицировать скрытые (неочевидные) риски, минимизировать их и создать условия для безошибочного строительства.
Ключевые слова: риск-менеджмент, дорожное строительство, ГЧП, итеративный подход, управление проектами.

Сегодня дорожное строительство на основе ГЧП требует комплексного подхода: слаженной работы партнеров, инноваций и современных технологий. Результаты эмпирических исследований свидетельствуют о возможности применения гибких методологий в строительной индустрии при условии их предварительной адаптации. Невозможность прямой экстраполяции практик из информационной сферы (IT) обусловлена спецификой нормативно-правового регулирования и детерминированностью сроков строительного проекта. Тем не менее, частичная интеграция гибких элементов управления целесообразна, прежде всего, на начальных этапах жизненного цикла [1].

Наиболее эффективным способом внедрения Agile-практик в дорожные проекты на основе ГЧП является их использование на этапе подготовки Технико-экономического обоснования (ТЭО), так как именно данная стадия характеризуется максимальной степенью неопределенности [2].

Организация гибкого управления процессами может быть реализована на базе единой облачной платформы, интегрирующей BIM-технологии и геоинформационные системы (ГИС). Данное решение обеспечивает создание консолидированной цифровой среды уже на стадии предынвестиционного анализа. В данной ситуации риски переходят из категории формальных записей в отчетности в формат управляемых метрик, интегрированных непосредственно в цифровую модель.

Как показывает опыт ведущих международных компаний, невозможно построить устойчивый бизнес и добиться высокой эффективности управления, игнорируя риск-менеджмент. Он является обязательной частью системы управления любой организации, независимо от ее масштаба и специфики. В связи с этим, необходимо постоянно совершенствовать качество управления рисками и делать его более эффективным [3].

В настоящее время матрицу рисков при реализации проектов на основе ГЧП в сфере дорожного строительства разрабатывают статично в конце утверждения ТЭО. При таком подходе оценка рисков носит формальный, констатирующий характер: проект сначала полностью рассчитывается технически и финансово, и лишь на финальном этапе эксперты пытаются «подогнать» под него рисковый профиль. Это нередко приводит к расчетным ошибкам и упущению ряда критических рисков, которые проявляются уже на стадии реализации проекта [4].

Справедливость вывода о деструктивности формального подхода к оценке рисков подтверждается современными российскими исследованиями. Так, в работах, опубликованных в журнале "Вопросы экономики", указывается, что некорректная оценка параметров на прединвестиционной стадии выступает главным источником последующих проектных ошибок [5].

Одним из наиболее универсальных методов управления рисками является построение специальной матрицы, которая представляет собой аналитический инструмент, классифицирующий угрозы на основе двух ключевых параметров: вероятности их наступления и масштаба потенциальных последствий для организации [6].

Предлагаемый в статье инновационный подход разработки матрицы рисков основан на итеративном принципе. Матрица рисков формируется и уточняется поэтапно, от одного рабочего цикла (спринта) к другому. Каждый такой цикл сфокусирован на детальном анализе конкретного элемента объекта (макро-трассировка, экологические коридоры, узлы примыкания). Такой уровень детализации позволяет выявлять специфические риски более точно и последовательно, избегая упущений, характерных для стандартного подхода.

Концептуальная модель (Таблица 1) служит общим сводом для детализированной матрицы рисков, в которой непосредственно указываются параметры вероятности и степени влияния каждой проектной угрозы.

Таблица 1
Концептуальная модель итеративной матрицы рисков

Контур рисков	Примеры конкретных угроз	Метод защиты	Результат в контракте
Внутренний	Земельные споры, проектные ошибки, сбои в поставках	Многовариантное проектирование и инженерный аудит	Фиксация лимитов затрат на стройку и ремонт (CAPEX, OPEX)
Внешний	Инфляция и кризис, низкий трафик машин, смена законов	Государственные гарантии и разделение ущерба	Субсидии и компенсация недополученной выручки (МГД)

Для успешного построения динамической матрицы рисков необходимо разграничивать риски проекта на внутренние (эндогенные), поддающиеся оптимизации инженерно-техническими методами в рамках итерационного моделирования, и внешние (экзогенные). Например, макроэкономические, политические и рыночные риски не могут быть изменены или минимизированы посредством корректировки параметров ТЭО. В рамках динамической матрицы рисков управление данными факторами переводится из инженерно-технического контура в финансово-юридический: на поздних итерациях осуществляется их стресс-тестирование в финансовой модели и фиксация меха-

низмов их компенсации (через институты "особых обстоятельств" или государственные гарантии) в проекте ГЧП-соглашения. В качестве примера можно привести использование такого инструмента поддержки, как минимально гарантированный доход (МГД), представляющего собой определенный уровень дохода концессионера от эксплуатации дорожного объекта, ниже которого публичная сторона обязуется осуществлять доплаты на протяжении всего срока действия договора.

Таблица 2
Сравнение итеративного и стандартного подходов к оценке рисков

Критерий	Традиционный подход	Итеративный подход
Природа рисков	Риски воспринимаются как статичные факторы	Риски признаются динамическими (управляются по мере конструирования объекта)
Обратная связь	Отсутствует. Если риск высок, ТЭО приходится переписывать заново	Постоянная. Высокий риск на итерации N заставляет изменить техническое решение на итерации N, N+1
Точность оценки	Высокая погрешность. Оценки берутся «на глаз» экспертов в конце работы	Высокая точность. Риски пересчитываются регулярно

Сравнительный анализ, приведенный в Таблице 2, показывает, что традиционный подход к формированию ТЭО искусственно изолирует процесс технико-экономического проектирования от системы управления рисками, превращая матрицу рисков в статичный и формальный отчетный документ. Это лишает систему управления гибкости и приводит к высокой погрешности финальных расчетов. В отличие от него, предлагаемый итеративный подход переводит управление рисками в динамический режим. Непрерывный обмен данными между этапами разработки ТЭО и матрицей рисков формирует постоянный контур обратной связи. Это позволяет своевременно корректировать проектные решения при обнаружении критических угроз и обеспечивает качественно новый уровень точности и обоснованности итоговых параметров дорожного проекта ГЧП.

Первым иллюстративным примером выступает логистический риск, вызванный региональным дефицитом высокопрочного гранитного щебня для устройства конструктивных слоев дорожной «одежды». Применение итерационного цикла обеспечивает выявление данного риска на ранней стадии планирования. В рамках контура обратной связи это позволяет превентивно оптимизировать пространственную прокладку трассы автомобильной дороги, приблизив её маршрут к альтернативным транспортным узлам. Если же корректировка трассы невозможна вследствие жестких ограничений (зоны плотной застройки, особо охраняемые природные территории или критическая промышленная инфраструктура), динамическая матрица рисков переключает систему на финансово-юридическую логику: в структуру будущего соглашения закладываются компенсирующие инструменты, включая субсидирование грузовых тарифов ОАО «РЖД».

В качестве еще одного примера эффективности динамической матрицы можно привести риск недополучения выручки от сбора платы за проезд. При традиционном линейном подходе данный риск оценивается постфактум, что часто приводит к банкротству дорожных концессий из-за жестких тарифов и неожиданного ухода трафика на бесплатные альтернативные дороги. На ранних стадиях данный риск идентифицируется на основе топологии транспортной сети региона, а с помощью макромоделирования определяется высокая чувствительность водителей к размеру тарифа. В рамках контура обратной связи технические решения адаптируются под рисковый профиль: специалисты оптимизируют конфигурацию и расположение транспортных развязок на стыках с федеральными трассами для создания привлекательного въезда на платный участок, тем самым физически снижая риск недобора трафика.

Аналогично в ситуациях, когда физически или юридически невозможно сдвинуть трассу, динамическая матрица рисков инициирует запуск финансово-юридического контура компенсации рисков. Вместо нереализуемой технической корректировки ТЭО, производится точный расчет параметров минимально гарантированного дохода (МГД). Публичный партнер (государство) берет на себя обязательство компенсировать частному инвестору недополученную выручку, если фактический транспортный поток окажется ниже расчетного минимума из-за неизменяемого расположения трассы.

Таким образом, внедрение предлагаемого итеративного подхода преобразует матрицу рисков из формального итогового документа в динамический инструмент управления, способный выявлять уникальные и нетипичные проектные угрозы. Наличие спринтов и контура обратной связи обеспечивают адаптацию технических решений под рисковый профиль, а неуправляемые экзогенные факторы эффективно распределяются через финансово-юридические механизмы. В конечном итоге предложенный подход минимизирует расчетные ошибки прединвестиционной стадии, что обеспечивает существенное сокращение сроков последующего детального проектирования и создает условия для безошибочного ведения строительно-монтажных работ на этапе реализации дорожного проекта на основе ГЧП.

Литература

1. Мороз И.В. Шаврин А.В. (2025). Управление строительнымипроектами с применением подходов Agile и Lean // Вестник экономических и социологических исследований, № 3, С. 24–31.
2. Самыловских Д.В. (2026). Интеграция гибридного подхода в систему управления дорожно-строительными проектами на основе ГЧП // Экономическое развитие России, №8, С. 379–381.
3. Куликова Н.О. (2025). Влияние риск-менеджмента на эффективность бизнес-процессов // Вестник науки, №2, С. 134–143.
4. Camones García, L. A. & Casady, C. B. (2024). Reviewing the efficacy of flexible contracts: a reassessment of the least present value of revenue model for public–private partnerships. Journal of management in engineering, 40(1).
5. Саврукov А.Н., Саврукov Н.Т. & Козловская Э.А. (2020). Риски проектов государственно-частного партнерства в России: оценка методами нечеткой логики // Вопросы экономики, №10, С. 132–143.
6. Беседина Н. Э., Уварова А.Е. & Морковкин Д.Е. (2025). Матрица рисков: инструмент управления безопасностью бизнеса // Вестник евразийской науки, № s2.

On the issue of risk management of a PPP-based road infrastructure project

Samylovskikh D.V.
MGIMO University (Ministry of Foreign Affairs of Russia)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The paper examines the pre-investment phase of road projects implemented through public-private partnerships (PPP). The author provides scientific evidence for shifting away from the traditional static risk assessment toward a dynamic iterative approach to developing a risk matrix. The application of the proposed method eliminates the subjective evaluation of parameters, enables to identify hidden (non-obvious) risks, to mitigate them, and to establish the necessary conditions for error-free construction.

Keywords: risk management, road construction, PPP, iterative approach, project management.

References

1. Moroz I.V. Shavrin A.V. (2025). Management of construction projects using Agile and Lean approaches // Bulletin of Economic and Sociological Research, No. 3, pp. 24-31.
2. Samylovskikh D.V. (2026). Integration of the hybrid approach into the PPP-based road construction project management system // Economic Development of Russia, No. 8, pp. 379-381.
3. Kulikova N.O. (2025). The influence of risk management on the effectiveness of business processes // Bulletin of Science, No. 2, pp. 134-143.
4. Camones García, L. A. & Casady, C. B. (2024). Reviewing the efficacy of flexible contracts: a reassessment of the least present value of revenue model for public–private partnerships. Journal of management in engineering, 40(1).
5. Savrukov A.N., Savrukov N.T. & Kozlovskaya E.A. (2020). Risks of public-private partnership projects in Russia: assessment by fuzzy logic methods // Voprosy ekonomiki, No. 10, pp. 132-143.
6. Besedina N. E., Uvarova A.E. & Morkovkin D.E. (2025). Risk Matrix: a business security management tool // Bulletin of Eurasian Science, No. s2.

Матрица корреспонденции компетенций и KPI как инструмент управления производительностью труда на предприятиях оборонно-промышленного комплекса

Суравцова Александра Александровна
аспирант, Научно-образовательного центра воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей» им. академика В.П. Ефремова, suravtsova@list.ru,

Брусов Константин Владимирович
кандидат экономических наук, доцент, Научно-образовательного центра воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей» им. академика В.П. Ефремова», k.brusov@nocvko.ru

В статье представлена матрица корреспонденции профессиональных компетенций и ключевых показателей эффективности как инструмент управления производительностью труда рабочих основных станочных профессий предприятия оборонно-промышленного комплекса. Обоснована отраслевая специфика ОПК, определяющая структуру KPI: включение показателей технологической дисциплины (количество замечаний военной приёмки) и экономии дорогостоящего инструмента и материалов. Матрица связывает двенадцать компетенций с девятью производственными KPI, что позволяет прогнозировать, на какие показатели повлияет развитие каждой компетенции. Показано, что существующие модели компетенций не содержат подобного инструмента. Приведены примеры практического применения матрицы для обоснования приоритетности обучения.
Ключевые слова: матрица корреспонденции, KPI, компетенции, производительность труда, рабочие основных станочных профессий, оборонно-промышленный комплекс, военная приёмка.

Введение

Управление производительностью труда на промышленных предприятиях опирается на два взаимосвязанных, но не всегда состыкованных контура: контур оценки персонала и контур производственных показателей. В первом контуре мастер или специалист по кадрам оценивает компетенции работника — как правило, с использованием той или иной оценочной шкалы. Во втором контуре фиксируются объективные KPI цеха: процент выполнения норм, уровень брака, время переналадки, расход инструмента. Проблема состоит в том, что связь между этими контурами в большинстве существующих моделей компетенций остаётся непроработанной.

Для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) эта проблема приобретает особую остроту. Специфика ОПК — жёсткие требования к надёжности и качеству продукции, сплошной контроль со стороны военной приёмки, высокая стоимость материалов и инструмента, мелкосерийный и единичный тип производства — формирует уникальный набор KPI, не характерный для «гражданского» машиностроения. К таким показателям относятся, в частности, количество замечаний от представителей военной приёмки (показатель технологической дисциплины) и экономия дорогостоящего инструмента и материалов относительно нормативов. Игнорирование этих показателей при оценке влияния компетенций на производительность означало бы неполноту анализа и снижало бы практическую ценность модели для оборонных предприятий.

Научные исследования С.Б. Костюченко, А.М. Ковалевой, А.Е. Тюлина, С.В. Пучка [1,2,5,6] сформировали значительный теоретический задел в области компетентностного подхода к рабочим кадрам. Однако ни одна из этих работ не содержит инструмента, который позволял бы количественно или хотя бы экспертно связать конкретную компетенцию с конкретным производственным показателем, и тем более не учитывает отраслевую специфику ОПК при формировании перечня KPI.

Цель настоящей статьи — представить авторский инструмент, восполняющий этот пробел: матрицу корреспонденции компетенций и KPI, построенную с учётом отраслевой специфики оборонно-промышленного комплекса для рабочих основных станочных профессий механообрабатывающего цеха.

1. Отраслевая специфика ОПК и её влияние на структуру KPI

Оборонно-промышленный комплекс предъявляет к производственным процессам требования, которые качественно отличают его от «гражданского» машиностроения и напрямую влияют на то, какие показатели эффективности должны отслеживаться в цехе и как они связаны с компетенциями рабочих.

Во-первых, обязательным элементом производственного контроля является военная приёмка. Представители заказчика осуществляют сплошную, а не выборочную проверку ответственных деталей, и любое замечание фиксируется в документации. В связи с этим в перечень KPI включён показатель Р6 «Соблюдение технологической дисциплины», измеряемый количеством замечаний от представителей военной приёмки за отчётный период. В «гражданском» машиностроении аналогичный показатель либо отсутствует, либо носит менее формализованный характер.

Во-вторых, обработка деталей из высоколегированных, жаропрочных и титановых сплавов требует применения дорогостоящего режущего и абразивного инструмента. Неправильно выбранные режимы резания, отсутствие входного контроля заготовок или несвоевременная смена затупившегося инструмента ведут к его ускоренному износу и, как следствие, к перерасходу. Поэтому показатель Р8 «Экономия инструмента и материалов относительно нормативов» является для ОПК не вспомогательным, а одним из ключевых.

В-третьих, мелкосерийный и единичный тип производства, преобладающий на многих оборонных заводах, означает частую переналадку оборудования. Время, затраченное на переход с одной партии деталей на другую, напрямую влияет на итоговую производительность. Отсюда — включение в перечень KPI показателя Р7 «Среднее время переналадки станка на новую партию».

Таким образом, перечень KPI для механообрабатывающего цеха предприятия ОПК не может быть механически заимствован из практик «гражданских» производств: он должен отражать отраслевую специфику, что и было реализовано автором.

2. Отличие от существующих разработок и логика построения матрицы

Следует подчеркнуть принципиальное отличие матрицы корреспонденции от инструментов, описанных в литературе. В диссертациях А.М. Ковалевой [1], С.Б. Костюченко [2], О.В. Сухорученко [4], С.В. Пучок [6] связь между компетенциями и производительностью либо декларируется на теоретическом уровне, либо оценивается через общий процент выработки, однако ни в одной из этих работ она не операционализирована до уровня конкретных производственных показателей. С.Б. Костюченко оперирует понятием конкурентоспособности в целом, не переводя его в плоскость цеховых KPI. А.М.

Ковалева и С.В. Пучок фокусируется на организационных процедурах управления компетентностью. Таким образом, ни одна из рассмотренных работ не предлагает инструмента, который связывал бы отдельную компетенцию с конкретным KPI и градацией силы влияния. Именно этот пробел и призвана заполнить авторская матрица.

Матричные методы широко применяются в экономико-математическом моделировании организационных систем, о чём свидетельствуют докторские диссертации П.А. Михненко [3] и А.Е. Тюлина [5]. П.А. Михненко предложил комплекс матричных моделей — матрицу адаптации, матрицу распределения задач, матрицу-мультипликатор координационно-культурного профиля, — предназначенных для анализа процессов организационных изменений на предприятии. А.Е. Тюлин разработал модели оценки ключевых компетенций корпорации и их влияния на конкурентоспособность. Однако оба подхода ориентированы на корпоративный уровень анализа и не решают задачу связывания индивидуальных профессиональных компетенций рабочих с производственными KPI цеха, что составляет предмет настоящего исследования.

На первом шаге был определён состав компетенций. За основу взят интегральный компетентностный профиль (ИКП-12), включающий двенадцать позиций, дифференцированных по четырём профессиям: токарь, фрезеровщик, сверловщик и шлифовщик. Выбор именно этого профиля обусловлен тем, что он, в отличие от универсальных моделей предшественников, учитывает как технические, так и поведенческие компетенции без искусственного разделения на hard/soft skills.

На втором шаге был сформирован перечень ключевых показателей эффективности. В отличие от типовых наборов KPI, применяемых в «гражданском» машиностроении, авторский перечень учитывает отраслевую специфику оборонно-промышленного комплекса, обоснованную в разделе 1. В итоговый перечень вошли девять показателей, расшифровка которых приведена в таблице 1.

Таблица 1
Ключевые показатели эффективности механообрабатывающего цеха

Код	Показатель	Единица измерения
P1	Выполнение норм выработки	%
P2	Качество продукции (сдача с 1-го предъявления)	%
P3	Уровень брака	%
P4	Производительность труда (натуральная)	нормо-часы / смена
P5	Коэффициент использования оборудования	%
P6	Соблюдение технологической дисциплины	количество замечаний ВП МО РФ
P7	Время переналадки на новую партию	мин.
P8	Экономия инструмента и материалов	% от норматива
P9	Кайдзен-предложения	ед.

Источник: составлено автором.

На третьем шаге для каждой пары «компетенция — KPI» автор экспертным путём определил наличие и ориентировочную силу связи. Экспертная оценка опиралась на знание технологического процесса механообработки, опыт управления цехом и анализ цеховой отчётности. Использовалась трёхбалльная система градации:

●●● — прямое определяющее влияние (без данной компетенции показатель будет критически низким);

●● — прямое значительное влияние (компетенция важна, но действует в совокупности с иными факторами);

● — косвенное умеренное влияние; «–» — влияние отсутствует либо пренебрежимо мало.

Таким образом, матрица является не умозрительной конструкцией, а инструментом, построенным на последовательном соединении трёх элементов: компетентностного профиля, учитывающего отраслевую специфику перечня KPI и экспертной оценки силы связей между ними. В отличие от работ предшественников, где связь компетенций с производительностью либо постулируется, либо оценивается для компетенции в целом, предлагаемый инструмент впервые даёт дифференцированную картину влияния каждой компетенции на каждый производственный показатель.

3. Матрица корреспонденции: структура и анализ

Итоговая матрица представлена в таблице 2: строки обозначены кодами интегрального компетентностного профиля рабочих основных станочных профессий (ИКП-12):

К-1 — чтение и анализ технической документации;

К-2 — производственная дисциплина и соблюдение режимных требований;

К-3 — настройка оборудования под высокоточную обработку;

К-4 — эксплуатация станков с числовым программным управлением;

К-5 — входной контроль заготовок и оснастки;

К-6 — контрольно-измерительные операции;

К-7 — управление абразивным инструментом;

К-8 — управление лезвийным инструментом;

К-9 — обработка глубоких и высокоточных отверстий;

К-10 — самоконтроль и производственная бдительность;

К-11 — экономическая ответственность и организация рабочего пространства;

К-12 — профессиональная обучаемость и адаптивность.

Таблица 2
Матрица корреспонденции компетенций и KPI

Код	P1 Выработка	P2 Качество	P3 Брак	P4 Производительность	P5 Оборудование	P6 Дисциплина	P7 Наладка	P8 Экономия	P9 Кайдзен
К-1	●●	●●●	●●	●	–	●●	●	–	–
К-2	●	●●	●●	●	–	●●●	–	–	–
К-3	●●●	●●	●●	●●	●●	●	●●	●●	–
К-4	●●●	●●	●	●●●	●●●	●	●●●	●	–
К-5	●	●●●	●●●	●	●	●●	●	●●	–
К-6	●	●●●	●●●	–	–	●●	–	–	–
К-7	●●	●●	●●	●	●	–	●	●●●	–
К-8	●●	●●	●●	●	●	–	●	●●●	–
К-9	●●	●●	●●	●	●	–	●	●	–
К-10	●●	●●●	●●●	●●	–	●●●	–	●●	–
К-11	●	●	●●	●	●●	●	●	●●●	●●
К-12	●●	●	●	●●	●●	●	●●	–	●●●

Источник: составлено автором.

Анализ матрицы позволяет сделать несколько содержательных выводов.

Во-первых, ни одна компетенция не является «универсальной» в смысле влияния на все KPI одновременно. Каждая имеет свой уникальный «профиль воздействия». Это подтверждает обоснованность включения в модель всех двенадцати позиций.

Во-вторых, выделяются компетенции с наиболее широким спектром влияния. К-3 (настройка оборудования под высокоточную обработку) воздействует на семь из девяти KPI, К-10 (самоконтроль и производственная бдительность) — также на семь показателей. Это означает, что инвестиции в развитие именно этих компетенций дадут множественный эффект, отражаясь одновременно на выработке, качестве, уровне брака и экономии ресурсов.

Для наглядного сопоставления профилей влияния двух компетенций, показавших наиболее широкий охват KPI, построена радарная диаграмма (рис. 1). Контур К-3 (настройка оборудования) вытянут в направлении показателей P1, P4, P5 и P7, что отражает её определяющую роль в обеспечении выработки, производительности и эффективного использования оборудования. Контур К-10 (самоконтроль) смещён в сторону P2, P3 и P6 — показателей, связанных с качеством и технологической дисциплиной. Совмещение двух профилей на одном графике наглядно демонстрирует, что компетенции К-3 и К-10 не дублируют, а дополняют друг друга, совместно охватывая практически весь спектр KPI механообрабатывающего цеха.

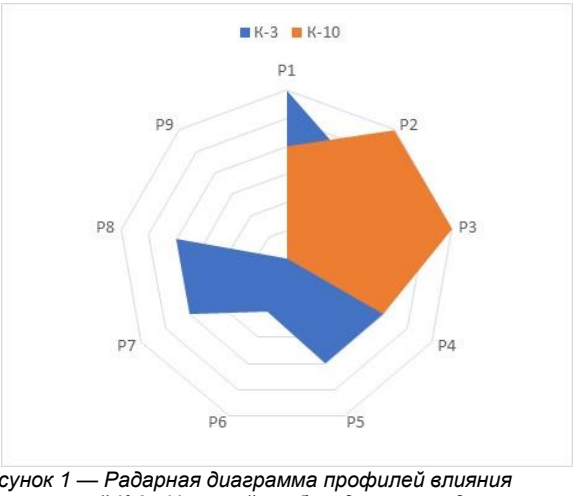


Рисунок 1 — Радарная диаграмма профилей влияния компетенций К-3 «Настройка оборудования под высокоточную обработку» и К-10 «Самоконтроль и производственная бдительность» на ключевые показатели эффективности
Источник: составлено автором.

В-третьих, обращает на себя внимание специфический для ОПК показатель P6 (технологическая дисциплина). На него с определяющей силой (●●●) влияют две компетенции: К-2 (производственная дисциплина и соблюдение

режимных требований) и К-10 (самоконтроль и производственная бдительность). Это подчёркивает, что соблюдение требований военной приёмки обеспечивается не только формальной дисциплиной, но и развитым самоконтролем работника на ответственных операциях.

В-четвёртых, показатель Р8 (экономия инструмента и материалов) находится под определяющим влиянием компетенций К-7 (управление абразивным инструментом), К-8 (управление лезвийным инструментом) и К-11 (экономическая ответственность и организация рабочего пространства). Это подтверждает, что для предприятий ОПК с их дорогостоящей инструментальной базой данные компетенции должны быть объектом пристального внимания при планировании обучения.

Для более наглядного восприятия матрица может быть представлена в виде тепловой карты (рисунок 2).

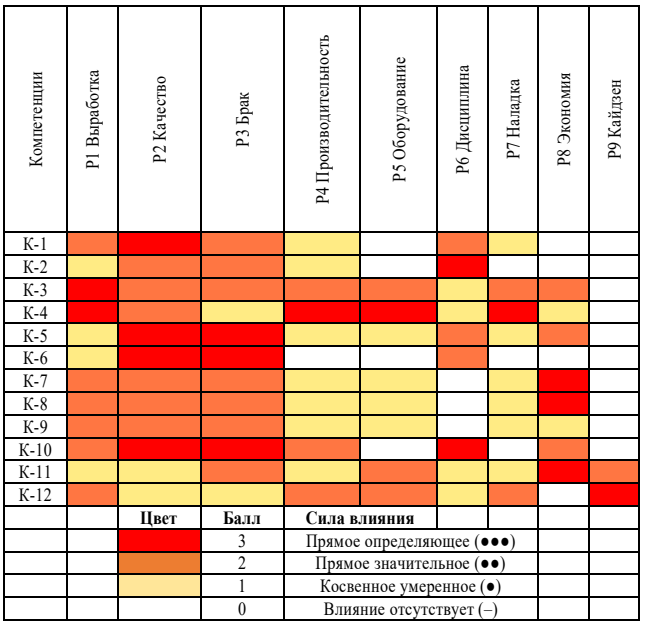


Рисунок 2 — Тепловая карта матрицы корреспонденции компетенций и KPI
Источник: составлено автором.

Заключение

Матрица корреспонденции компетенций и KPI заполняет методический пробел, существующий между контуром оценки персонала и контуром производственных показателей. Её практическая ценность раскрывается в нескольких взаимосвязанных аспектах.

Первый аспект — прогностический. Матрица позволяет заранее определить, на какие именно производственные показатели повлияет развитие каждой конкретной компетенции. Рассмотрим это на модельном примере. Руководство механообрабатывающего цеха планирует направить группу из пяти токарей на обучение и располагает бюджетом, достаточным для одной программы. Служба персонала предлагает на выбор два направления: обучение по компетенции К-3 (настройка оборудования под высокоточную обработку) или по компетенции К-1 (чтение и анализ технической документации). Обращение к матрице (таблица 1) показывает, что горизонтальный срез по строке К-3 обнаруживает определяющее влияние на Р1 (выработка) и значительное влияние ещё на пять показателей: Р2 (качество), Р3 (брак), Р4 (производительность), Р7 (переналадка) и Р8 (экономия инструмента). Срез по строке К-1 даёт иную картину: определяющее влияние только на Р2, значительное — на Р1 и Р3, а на Р4, Р7 и Р8 влияния нет. Таким образом, при равных затратах компетенция К-3 «обещает» множественный эффект по шести KPI, тогда как К-1 — по трём показателям. На основании этого сопоставления принимается решение в пользу обучения настройке оборудования. Данный пример иллюстрирует, как матрица переводит выбор направления обучения из плоскости субъективных предпочтений в плоскость сопоставления ожидаемых производственных эффектов.

Второй аспект — приоритизация. Анализ матрицы в целом выявляет компетенции с наиболее широким спектром влияния: К-3 и К-10 воздействуют на семь из девяти KPI, что делает их первоочередными объектами инвестиций при планировании программ развития персонала.

Третий аспект — диагностический. Матрица обнаруживает «слепые зоны» — показатели, слабо охваченные компетентностным профилем, такие как Р9 (кайдзен-предложения), что сигнализирует о необходимости либо развития дополнительных компетенций, либо организационных изменений.

Экономическая результативность предлагаемого инструмента реализуется через механизм концентрации ресурсов на приоритетных направлениях. Матрица позволяет отказаться от фронтального подхода к обучению, при котором средства распределяются равномерно по всем компетенциям без учёта их реального вклада в производственные показатели, и перейти к адресному финансированию тех компетенций, которые обладают наибольшим мультипликативным эффектом. Сокращение разрыва в уровне компетенций между работниками одной профессии, достигаемое за счёт целевого обучения, позволяет наращивать совокупную выработку цеха без привлечения дополнительного персонала и связанных с этим затрат.

В совокупности с интегральным компетентностным профилем (ИКП-12) матрица корреспонденции образует замкнутый методический контур: профиль диагностирует текущий уровень компетенций, матрица прогнозирует последствия их развития для производственных показателей и даёт экономическое обоснование для принятия кадровых решений.

Литература

1. Ковалева А.М. Совершенствование процессов управления компетентностью в производственных системах: дис. ... канд. экон. наук: 2.5.22. — С., 2025. — 180 с.
2. Костюченко С.Б. Развитие профессиональных компетенций и повышение конкурентоспособности работников промышленных предприятий: дис. ... канд. экон. наук: 5.2.3. — М., 2025. — 153 с.
3. Михненко П.А. Методология математического моделирования и анализа процессов управления организационными изменениями: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13. — М., 2017. — 350 с.
4. Сухорученко О.В. Оценка и повышение эффективности профессионального развития персонала организации: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. — М., 2013. — 186 с.
5. Тюлин А.Е. Повышение конкурентоспособности инновационно активных предприятий на основе создания и применения ключевых компетенций: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. — М., 2017. — 381 с.
6. Пучок С.В. Компетентностный подход в управлении эффективностью компании: . дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. — М., 2019. — 211 с.

Correspondence matrix of competencies and KPIs as a tool for labor productivity management at defense industry enterprises

Suravtsova A.A., Brusov K.V.
Scientific and Educational Center for Aerospace Defense "Almaz-Antey" named after Academician V.P. Efremov

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the correspondence matrix of professional competencies and key performance indicators as a tool for managing labor productivity of workers in the main machine tool professions of a machining shop at a defense industry enterprise. The industry-specific features of the defense industrial complex that determine the KPI structure are substantiated: the inclusion of technological discipline indicators (number of remarks from military acceptance) and savings in expensive tools and materials. The matrix links twelve competencies with nine production KPIs, making it possible to predict which indicators will be affected by the development of each competency. It is shown that existing competency models do not contain a similar tool. Examples of the practical application of the matrix for substantiating training priorities are provided.

Keywords: correspondence matrix, KPI, competencies, labor productivity, workers of main machine tool professions, defense industry complex, military acceptance.

References

1. Kovaleva A.M. Sovershenstvovanie protsessov upravleniya kompetentnost'yu v proizvodstvennykh sistemakh [Improving Competence Management Processes in Production Systems]: Cand. econ. sci. diss.: 2.5.22. Samara, 2025. (In Russian)
2. Kostyuchenko S.B. Razvitie professional'nykh kompetentsiy i povyshenie konkurentosposobnosti rabotnikov promyshlennykh predpriyatiy [Development of Professional Competencies and Increasing the Competitiveness of Industrial Enterprise Workers]: Cand. econ. sci. diss.: 5.2.3. Moscow, 2025. 153 p. (In Russian)
3. Mikhnenko P.A. Metodologiya matematicheskogo modelirovaniya i analiza protsessov upravleniya organizatsionnymi izmeneniyami [Methodology of Mathematical Modeling and Analysis of Organizational Change Management Processes]: Dr. econ. sci. diss.: 08.00.13. Moscow, 2017. 350 p. (In Russian)
4. Sukhoruchenko O.V. Otsenka i povyshenie effektivnosti professional'nogo razvitiya personala organizatsii [Assessment and Improvement of the Efficiency of Professional Development of Organization Personnel]: Cand. econ. sci. diss.: 08.00.05. Moscow, 2013. 186 p. (In Russian)
5. Tyulin A.E. Povyshenie konkurentosposobnosti innovatsionno aktivnykh predpriyatiy na osnove sozdaniya i primeneniya klyuchevykh kompetentsiy [Increasing the Competitiveness of Innovation-Active Enterprises Based on the Creation and Application of Key Competencies]: Dr. econ. sci. diss.: 08.00.05. Moscow, 2017. 381 p. (In Russian)
6. Puchok S.V. Kompetentnostnyy podkhod v upravlenii effektivnost'yu kompanii [Competence Approach in Company Performance Management]: Cand. econ. sci. diss.: 08.00.05. Moscow, 2019. 211 p. (In Russian)

Применение и оценка эффекта от внедрения сервисной модели в наукоемких организациях в связи с трансформации покупательской ценности продукции

Чурсин Ростислав Андреевич
к.э.н., начальник отдела стратегического планирования, АО "Российские космические системы", chursin_ra@spacecorp.ru,

Санду Даниел Игоревич
магистрант, 38.04.01 Экономика, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, daniel.sandu.2003@mail.ru,

Пестов Артем Сергеевич
магистрант, 38.04.01 Экономика, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, artem010903@icloud.com,

Таржманова Рыста Шынболатовна
доцент кафедры прикладной экономики, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, tarzhmanova-r@rudn.ru

В статье дано определение сервисной бизнес-модели (сервитизации) на основе работ зарубежных исследователей и рассмотрен исторический пример одной из первых реализаций такой модели. Прослежена эволюция подходов к определению покупательской ценности: от классических моделей, основанных на производственных затратах и полезности товара, до современных концепций совместного создания ценности, ценности использования и экосистемного взаимодействия участников B2B-рынка. Обосновано, что для потребителя высокотехнологичной продукции все большее значение имеют не владение изделием и его отдельные технические характеристики, а достигаемый в процессе эксплуатации полезный эффект, качество обслуживания, интеграция продукта в бизнес-процессы и снижение совокупных затрат. Рассмотрен подход к оценке экономического эффекта от перехода к сервисной модели на основе изменения операционной рентабельности (EBIT%), структуры доходов и расходов предприятия; на примере перехода компании Adobe на подписную модель количественно показана причинно-следственная связь между трансформацией бизнес-модели и динамикой операционной маржи. Проведён обзор практики применения долгосрочных сервисных контрактов в российской экономике, в железнодорожном транспорте, авиационном двигателестроении, атомной энергетике и ракетно-космической отрасли. Показано, что перевод части затрат из CAPEX в OPEX, диверсификация источников дохода и развитие сервисного обслуживания способны повысить эффективность использования ресурсов и снизить риски деятельности организации.

Ключевые слова: наукоемкая организация, сервисная бизнес-модель, покупательская ценность, высокотехнологичная продукция, экономическая устойчивость, B2B-рынок.

Концепция покупательской ценности претерпела значительные изменения: от классических экономических моделей, ориентированных на стоимость производства, до многомерных теорий, учитывающих влияние субъективного восприятия, сетевых взаимодействий и цифровых технологий [1]. В B2B-среде ценность создаётся не только внутри отдельной компании, но и в более широкой сети участников, поставщиков, дистрибьюторов, консультантов и регуляторов, каждый из которых вносит вклад в формирование конечной ценности в канале. Основные определения покупательской ценности в различных теоретических моделях представлены в Табл. 1; их эволюция от объективных к субъективным концепциям показывает, что традиционные модели не всегда отражают сложность процесса формирования ценности в современных деловых отношениях. Эволюция концепции покупательской ценности отражает переход от классических экономических моделей к динамическим и многомерным подходам, учитывающим влияние цифровых технологий, сетевых эффектов и совместного создания ценности; в B2B-среде этот сдвиг особенно заметен, поскольку ценность формируется не только в рамках отдельных транзакций, но и в масштабных сетях взаимодействий, требующих новых инструментов оценки и управления.

Таблица 1
Основные определения покупательской ценности в различных теоретических моделях

Автор и год	Определение покупательской ценности
Смит (1776), Рикардо (1817)	Согласно классической экономической теории, ценность товара в значительной степени определяется количеством затраченного труда.
Менгер (1871), Вальрас (1874)	Согласно маржиналистскому подходу, ценность субъективна и определяется предельной полезностью, которую потребитель получает от каждой дополнительной единицы товара.
Монро (1979), Зейтхамль (1988)	Покупательская ценность формируется через баланс выгод и затрат, воспринимаемых потребителем.
Шет, Ньюман и Г росс (1991) - Теория потребительской ценности (CVT)	Теория CVT выделяет пять ключевых компонентов ценности: функциональный, эмоциональный, социальный, эпистемический и условный.
Вудрафф (1997) - Иерархическая модель ценности	Этот подход рассматривает ценность на трёх уровнях: характеристики продукта, выгоды от его использования и стратегические цели клиента.
Вудолл (2003)	Покупательская ценность рассматривается с трёх точек зрения: атрибутивной (сравнение выгоды и затрат), структурной (динамическое влияние контекста на ценность) и диспозиционной (восприятие ценности потребителем как субъективный процесс).
Суини и Саутар (2001) - PERVAL	Разработана шкала оценки покупательской ценности, включающая четыре измерения: функциональную ценность (качество/производительность), функциональную ценность (соотношение цена/качество), социальную и эмоциональную ценности.
Варго и Лаш (2004) - Сервис-доминантная логика (SDL)	Согласно концепции SDL, ценность не передаётся, а создаётся совместно клиентом и поставщиком в процессе их взаимодействия.
Алмквист и др. (2016), Алмквист и др. (2018) - Элементы ценности	Авторы выделяют 30 элементов ценности, которые распределены по категориям: функциональная, эмоциональная, изменяющая жизнь и социальное воздействие (в последующее время модель была расширена на 40 элементов ценности B2B в 5 категориях).
Эггерт и др. (2018) - Ценность в использовании (Value in Use)	Ценность формируется не в момент обмена, а в процессе использования продукта, независимо от поставщика, исходя из его эффективности и пользы для бизнеса.
Якобидес и др. (2018) - Экосистемная ценность	В Б2Б-экосистемах ценность формируется не только поставщиком, но и сетью взаимодействующих участников: экспертов, регуляторов, посредников.
Леруа-Верельдс (2019) - Обновленная типология ценности	Включает экономическую, функциональную, эмоциональную, социальную и символическую составляющие, адаптированные к современным бизнес-экосистемам.

Источник: составлено авторами.

Применение сервисных моделей способно значительно повысить экономическую эффективность бизнеса за счёт сокращения числа посредников между производителем и потребителем, оптимизации расходов производителя и получения дополнительного дохода от предоставления сервисных услуг в процессе эксплуатации продукции [2]. Стремясь к повышению собственной конкурентоспособности, производители со временем перешли от продажи отдельных изделий к формированию комплексных предложений «под ключ», включающих обслуживание и ремонт продукции, а в ряде случаев, к бизнес-моделям, полностью исключающим реализацию продукции в собственность и предполагающим предоставление потребителю только сервиса [3]. Сегодня сервисные услуги рассматриваются производителями не как дополнение к ценности изделия, а как самостоятельное ценностное предложение и источник дохода, что объясняется

смещением интереса потребителя с продукта как такового на достигаемый с его помощью целевой эффект. Сервисные бизнес-модели рассматриваются как ключевой фактор экономической устойчивости бизнеса, поскольку позволяют наделять продукцию новыми конкурентными преимуществами при меньших затратах; формирование эффективной сервисной модели для конкретного вида продукции остаётся сложной задачей, требующей отдельного исследования в каждом случае [4]. Особое значение при этом приобретает формирование устойчивого потребления, использования услуг и сопутствующих товаров, отвечающих основным потребностям и повышающих качество жизни при минимальном расходовании ресурсов; для его стимулирования необходимо учитывать поведение потребителей на всех этапах, приобретения, эксплуатации и утилизации продукции, что создаёт основу для разработки новых конкурентных преимуществ, ориентированных на оптимизацию эксплуатации. С учётом развития технологий анализа и мониторинга данных одним из действенных механизмов повышения конкурентоспособности высокотехнологичного продукта в рамках сервисной бизнес-модели становится постоянное прогнозирование и изучение потребительских ожиданий, а конкурентоспособность продукции на мировом и внутреннем рынках обеспечивается её непрерывной модернизацией и внедрением инновационных решений не только в производство, но и в процессы сбыта и эксплуатации. Оценка экономического эффекта от перехода к сервисной модели требует определения структуры расходов и доходов бизнеса как при традиционном производстве и сбыте продукции, так и при реализации сервисных услуг, поскольку без количественного сопоставления этих структур эффект от перехода остаётся декларативным утверждением, а не проверяемым результатом. Сущность экономического эффекта заключается, во-первых, в получении предприятием большей прибыли при обеспечении бесперебойной и безубыточной работы, и во-вторых, в снижении потерь в пересчёте на отдельное направление деятельности за счёт диверсификации потребления. Поскольку финансово-хозяйственная деятельность предприятия всегда сопряжена с риском потерь, предложение потенциальным потребителям различных схем приобретения и пользования продукцией позволяет минимизировать потери по каждому отдельному виду деятельности и повысить экономическую устойчивость предприятия в целом. Экономический эффект от перехода к сервисной бизнес-модели может быть описан через экономические показатели; в качестве количественного показателя, характеризующего это изменение, целесообразно использовать операционную прибыль предприятия EBIT%, выраженную в процентах. Для традиционных бизнес-моделей данный показатель рассчитывается следующим образом:

$$EBIT_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(p_i - v_i)Q_i - FC}{\sum_{i=1}^{N} p_i Q_i},$$

где pi — стоимость единицы продукции вида i, vi — переменные издержки производства на единицу продукции вида i, FC — постоянные издержки производства, Qi — объём выпуска продукции вида i, N — количество видов продукции. При переходе к сервисной бизнес-модели постоянные издержки могут возрастать в связи с необходимостью приобретения дополнительных компетенций, связанных с маркетингом продукции и более плотной работой с потребителями, то есть за счёт усложнения функций высшего руководства и проведения новых организационных мероприятий. Переменные издержки традиционного производства не изменяются на единицу выпуска, но меняются на совокупный объём пропорционально ему; при переходе к сервисной модели они могут возрастать за счёт затрат на осуществление дополнительного сервиса. При этом стоимость единицы продукции в сервисной модели заменяется совокупностью стоимостных показателей, отражающих расходы потребителя на получение и эксплуатацию продукции, включая утилизационную стоимость изделия, которое может как передаваться обратно производителю, так и оставаться у потребителя, в результате чего изменяется структура денежного потока предприятия. Механизм формирования экономии при переходе на сервисную модель потребления особенно наглядно прослеживается на примере корпоративных информационных систем, где под оборудованием понимаются серверы и системы хранения данных, а под сервисами, облачные решения. Большинство корпоративных заказчиков, приобретающих серверное оборудование в собственность, сталкивается с его недозагрузкой: оборудование закупается с расчётом на перспективный рост, вследствие чего его мощности остаются недогруженными на протяжении нескольких кварталов или лет, а виртуализация и другие средства балансировки нагрузки лишь частично компенсируют эту проблему. Поставщики облачных услуг, в отличие от среднестатистических корпоративных заказчиков, достигают заметно более высоких коэффициентов утилизации серверных мощностей, что обеспечивает экономию в диапазоне 5–15% от перехода на сервис-провайдера. Дополнительную экономию даёт повышение гибкости корпоративной ИТ-инфраструктуры: срок поставки необходимого оборудования, особенно высокопроизводительного серверного, в текущих условиях увеличивается, что делает минимизацию времени вывода решения на рынок (time to market) особенно значимой. Обратной стороной требования гибкости выступает необходимость распоряжаться оборудованием, ставшим избыточным или устаревшим: его продажа затруднительна, списание экономически невыгодно, а дальнейшая эксплуатация в составе ИТ-инфраструктуры компании требует дополнительных затрат на размещение, обслуживание и администрирование. Мощности, арендованные у сервис-провайдера, как правило, отличаются более высокой стабильностью работы по сравнению с локальной инфраструктурой (on-premise), поскольку требования к доступности для корпоративных заказчиков обычно относятся к категории business critical, тогда как для провайдеров, к категории mission critical; аналогичная закономерность прослеживается и в отдельных нишах, например в сервисах информационной безопасности, где системы защиты облачных провайдеров зачастую превосходят решения корпоративных заказчиков. Разница в надёжности и защищённости будет проявляться всё отчётливее по мере нарастания дефицита квалифицированных специалистов по обслуживанию, администрированию, ремонту оборудования и обеспечению информационной безопасности. Отказ от самостоятельного выполнения технических задач по обслуживанию бизнес-процессов методологически позволяет любой компании перенаправить на развитие основного бизнеса высвобождаемые ресурсы, прежде всего финансовые, а также кадровые и административные. Отдельного внимания заслуживает изменение структуры расходов при переходе к сервисной модели, значение которого возрастает в текущих экономических условиях: перевод расходов на ИТ из CAPEX в OPEX позволяет дробить затраты и распределять платежи во времени. При высокой стоимости привлечения финансовых ресурсов, что особенно очевидно для заёмных средств, но справедливо и для собственных средств компании, использование облачных сервисов позволяет оплачивать только фактически потребляемые ресурсы, составляющие лишь небольшую часть затрат, необходимых для приобретения оборудования в собственность; высвобождаемые средства остаются в обороте компании и продолжают приносить прибыль. К моменту, когда накопленная сумма платежей за сервис сравняется со стоимостью единовременной покупки оборудования, приобретённое оборудование успевает существенно устареть, а высвобожденные на протяжении этого периода средства, принести прибыль, сопоставимую с первоначальными капитальными затратами. Оценка выгоды от перехода из CAPEX в OPEX осложняется тем, что стоимость финансовых ресурсов и эффективность их использования различаются между компаниями, а результат зависит от специфики использования вычислительных мощностей; тем не менее выгода от арендной модели, по имеющимся оценкам, измеряется уже не единицами, а десятками процентов, а на российском рынке отмечаются отдельные случаи достижения экономии в размере 50% и более. Экономический эффект от применения сервисной модели определяется совокупностью факторов и может существенно различаться в зависимости от специфики деятельности организации, структуры её затрат и эффективности использования высвобождаемых финансовых ресурсов. Наиболее наглядно причинно-следственную связь между переходом на сервисную (подписную) модель и финансовым результатом демонстрирует опыт компании Adobe. В мае 2013 года компания полностью отказалась от продажи бессрочных лицензий на пакет Creative Suite в пользу подписки Creative Cloud [5]. Непосредственно после перехода операционная маржа компании резко снизилась, с 26–27% в 2012 году до 10–13% в 2014–2015 годах, поскольку по новым правилам признания выручки доход от подписки распределяется равномерно в течение всего срока её действия, а не признаётся единовременно, как при продаже лицензии [5]. По мере накопления базы подписчиков и роста регулярного дохода операционная маржа последовательно восстанавливалась и превысила прежний уровень: 20% в 2016 году, 31% в 2018 году и более 36% к 2021–2025 годам [6]. Такая динамика, резкий краткосрочный спад показателей сразу после перехода с последующим устойчивым долгосрочным ростом, подтверждает, что изменение финансового результата вызвано именно трансформацией бизнес-модели, а не иными факторами. В России механизм долгосрочных сервисных контрактов получил правовое закрепление с принятием Постановления Правительства РФ от 28.11.2013 № 1087, определившего перечень объектов, в отношении которых может заключаться контракт жизненного цикла (КЖЦ) в рамках 44-ФЗ, в том числе дороги, аэродромы, воздушные и морские суда, подвижной состав [7]. На практике переход к сервисным моделям пока сосредоточен преимущественно в капиталоёмких, наукоемких отраслях с длительным жизненным циклом продукции. Так, ОАО «РЖД» с 2014 года передало обслуживание всех 113 локомотиворемонтных депо частным сервисным компаниям (в частности, ООО «Локотех»), а в 2017 году заявило о планах перехода к контрактам жизненного цикла, включающим поставку, техническое обслуживание и ремонт локомотивов на весь срок эксплуатации [8]. Аналогичные модели развивают Объединённая двигателестроительная корпорация (входит в госкорпорацию «Ростех»), в сфере послепродажного обслуживания авиационных двигателей, и госкорпорация «Росатом», в виде долгосрочных сервисных контрактов на обслуживание зарубежных атомных станций на весь проектный срок их эксплуатации [9], [10]. Показательно, что аналогичный механизм применяется и в ракетно-космической отрасли: АО «Российские космические системы» выступило исполнителем контракта жизненного цикла с госкорпорацией «Роскосмос» на техническое обслуживание системы дифференциальных коррекций и мониторинга стоимостью 639,2 млн рублей [11]. Масштаб применения КЖЦ заметен и на региональном уровне: только в Москве за один год было заключено 74 контракта жизненного цикла на общую сумму

более 74 млрд рублей, преимущественно на поставку медицинского оборудования (57 млрд рублей) и электробусов (17 млрд рублей) с последующим обслуживанием [12].

Выводы

Проведённый анализ показал, что развитие концепции покупательской ценности, включая её академическое определение через понятие сервитизации, сопровождается смещением акцента с приобретения и владения продукцией на получение полезного эффекта от её использования, и для наукоемких организаций данная трансформация создаёт предпосылки для перехода от традиционной модели реализации продукции к сервисной модели, при которой взаимодействие производителя с потребителем продолжается на протяжении всего периода эксплуатации продукта. Внедрение сервисной бизнес-модели изменяет структуру финансово-хозяйственной деятельности организации за счёт формирования регулярных денежных потоков, перераспределения капитальных и операционных затрат и расширения источников дохода; причинно-следственный характер этой связи количественно подтверждается опытом перехода компании Adobe на подписную модель, где кратковременное снижение операционной маржи сменилось её устойчивым ростом по мере накопления регулярной выручки. Российская практика показывает, что механизм долгосрочных сервисных контрактов уже применяется в ряде наукоемких отраслей, железнодорожном транспорте, авиационном двигателестроении, атомной энергетике и ракетно-космической отрасли, включая опыт АО «Российские космические системы», что подтверждает применимость рассмотренных зарубежных подходов в российских условиях. Переход к сервисной модели требует изменения подходов к стратегическому управлению наукоемкой организацией, а основой её эффективного применения становится постоянное изучение потребностей заказчиков, анализ результатов эксплуатации продукции и использование полученной информации для совершенствования сервисных предложений.

Литература

1. Чурсин А.А., Нестеров Е.А. Управление опережающим развитием высокотехнологичных отраслей промышленности и организаций. – Монография. М.: НИЦ ИНФРА-М. – 2023. – 205 с.
2. Окатьев Н.А., Островская А.А., Чурсин А.А., Каширин А.И., Назюта С.В. Управление инновациями: опережающее развитие и технологическое превосходство. – Монография. М.: Экономика. – 2023. – 319 с.
3. Назюта С.В., Чурсин А.А., Шиболденков В.А., Таржманова Р.Ш. Опережающее развитие организации на основе модели управления наращиванием инновационного потенциала. – Инновации и инвестиции. – №7. – 2026. – С.33-37.
4. Назюта С.В., Шиболденков В.А., Чурсин А.А., Таржманова Р.Ш. Системное развитие и наращивание цифровых компетенций организации для создания инновационной продукции. – Экономическое развитие России. – №5. – 2026. – С.83-89.
5. Сервисная бизнес-модель - новые конкурентные преимущества для производственных компаний // Большие Идеи (Harvard Business Review Россия) [Электронный ресурс]. - 12.12.2016. - URL: https://big-i.ru/tekhnologii/upravlenie-innovatsiyami/a18573/ (дата обращения: 23.07.2026).
6. Adobe Inc. Financial reports (SEC filings), 2012-2025 [Electronic resource]. - URL: https://www.adobe.com/investor-relations.html (дата обращения: 23.07.2026).
7. Постановление Правительства РФ от 28.11.2013 № 1087 "О случаях и условиях заключения контракта жизненного цикла".
8. РЖД планируют перейти на контракты жизненного цикла при поставке и ремонте локомотивов // ТАСС [Электронный ресурс]. - 06.07.2017. - URL: https://tass.ru/transport/4392648 (дата обращения: 23.07.2026).
9. Ключевые отрасли. Авиация // Ростех [Электронный ресурс]. - URL: https://rostec.ru/directions/aviation/ (дата обращения: 23.07.2026).
10. Росатом подписал контракт на сервисное обслуживание АЭС "Аккую" на 60 лет // ТАСС [Электронный ресурс]. - URL: https://tass.ru/ekonomika/21692681 (дата обращения: 23.07.2026).
11. Контракт жизненного цикла по 44-ФЗ: что это, особенности и порядок заключения // Astral.ru [Электронный ресурс]. - URL: https://astral.ru/aj/elem/kontrakt-zhiznennogo-tsikla-44-fz-v-2021-godu/ (дата обращения: 23.07.2026).
12. Объем контрактов жизненного цикла столицы за год превысил 74 млрд рублей // Инвестиционный портал Москвы [Электронный ресурс]. - URL: https://investmoscow.ru/press-center/news-article/?article=189002 (дата обращения: 23.07.2026).

Application and Evaluation of the Effects of Implementing a Service-Oriented Model in Knowledge-Intensive Organizations, in the Context of the Transformation of Customer Value for Products

Chursin R.A., Sandu D.I., Pestov A.S., Tarzhmanova R.Sh.

JSC "Russian Space Systems", The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article provides a definition of the service business model (servitization) based on foreign scholarly sources and examines a historical example of one of the earliest implementations of such a model. The evolution of approaches to defining customer value is traced, from classical models based on production costs and product utility to modern concepts of value co-creation, value-in-use, and ecosystem interaction among B2B market participants. It is substantiated that, for consumers of high-tech products, ownership of a product and its individual technical characteristics are becoming less important than the beneficial effect achieved during its operation, the quality of service, product integration into business processes, and the reduction of total costs. An approach to assessing the economic effect of the transition to a service model based on changes in operating profitability (EBIT%) and the structure of an enterprise's revenues and expenses is considered; using the example of Adobe's transition to a subscription model, a causal relationship between business model transformation and operating margin dynamics is demonstrated quantitatively. A review of the practice of applying long-term service contracts in the Russian economy is conducted, covering railway transport, aircraft engine manufacturing, nuclear power, and the rocket and space industry. It is shown that shifting part of the costs from CAPEX to OPEX, diversifying revenue sources, and developing service support can improve resource efficiency and reduce organizational risks.

Keywords: knowledge-intensive organization, service business model, customer value, high-tech products, economic sustainability, B2B market.

References

1. Chursin A.A., Nesterov E.A. Management of Proactive Development in High-Tech Industrial Sectors and Organizations. – Monograph. Moscow: SIC INFRA-M. – 2023. – 205 p.
2. Okatyev N.A., Ostrovskaya A.A., Chursin A.A., Kashirin A.I., Nazyuta S.V. Innovation Management: Proactive Development and Technological Superiority. – Monograph. Moscow: Ekonomika. – 2023. – 319 p.
3. Nazyuta S.V., Chursin A.A., Shiboldenkov V.A., Tarzhmanova R.Sh. Proactive Organizational Development Based on a Model for Managing the Expansion of Innovation Potential. – Innovations and Investments. – No. 7. – 2026. – pp. 33–37.
4. Nazyuta S.V., Shiboldenkov V.A., Chursin A.A., Tarzhmanova R.Sh. Systemic Development and Enhancement of an Organization's Digital Competencies for Creating Innovative Products. – Economic Development of Russia. – No. 5. – 2026. – pp. 83–89.
5. Service-Based Business Models: New Competitive Advantages for Manufacturing Companies // Big Ideas (Harvard Business Review Russia) [Electronic resource]. – Dec 12, 2016. – URL: https://big-i.ru/tekhnologii/upravlenie-innovatsiyami/a18573/ (accessed: July 23, 2026).
6. Adobe Inc. Financial reports (SEC filings), 2012–2025 [Electronic resource]. – URL: https://www.adobe.com/investor-relations.html (accessed: July 23, 2026).
7. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1087 dated November 28, 2013, "On Cases and Conditions for Concluding a Life-Cycle Contract."
8. Russian Railways (RZD) plans to shift to life-cycle contracts for the supply and repair of locomotives // TASS [Electronic resource]. – July 6, 2017. – URL: https://tass.ru/transport/4392648 (accessed: July 23, 2026).
9. Key Industries: Aviation // Rostec [Electronic resource]. – URL: https://rostec.ru/directions/aviation/ (accessed: July 23, 2026).
10. Rosatom signs a 60-year service and maintenance contract for the Akkuyu Nuclear Power Plant // TASS [Electronic resource]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/21692681 (accessed: July 23, 2026).
11. Life-cycle contracts under Federal Law No. 44-FZ: definition, features, and conclusion procedure // Astral.ru [Electronic resource]. – URL: https://astral.ru/aj/elem/kontrakt-zhiznennogo-tsikla-44-fz-v-2021-godu/ (accessed: July 23, 2026).
12. Value of life-cycle contracts in the capital exceeds 74 billion rubles over the year // Investment Portal of Moscow [Electronic resource]. - URL: https://investmoscow.ru/press-center/news-article/?article=189002 (accessed: 23.07.2026).

Оценка и направления совершенствования организационной культуры компании в сфере муниципальных услуг

Юркова Ирина Геннадьевна
кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, shelig@rambler.ru,

Антонова Анна Валерьевна
магистрант, по направлению подготовки «Управление персоналом», кафедры управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, antonova96.anna@yandex.ru

Статья посвящена анализу типа организационной культуры муниципального учреждения культуры. В ходе исследования были применены следующие методы: методика оценки организационной культуры OCAI К. Камерона и Р. Куинна, модель культурных ориентаций Р. Харрисона и Ч. Ханди. По результатам исследования было определено, что в учреждении преобладают иерархический и ролевой типы организационной культуры. Также выявлена потребность персонала в развитии элементов клановой культуры. Особое внимание в работе уделялось дополнению существующей организационной культуры отдельными элементами клановой культуры с целью повышения эффективности функционирования муниципального учреждения.

Ключевые слова: организационная культура, тип организационной культуры, муниципальное учреждение, учреждение культуры, ценности, нормы поведения, модель культурных ориентаций, корпоративные ценности, командное взаимодействие.

Введение

Одним из значимых факторов, оказывающих влияние на эффективность деятельности организации, является организационная культура. Она задает систему ценностей, нормы поведения и культуру взаимодействия между сотрудниками.

Развиваясь вместе с компанией, организационная культура формирует коммуникации работников с клиентами, отношения между руководством и подчиненными, позицию компании во внешней среде [1, с. 15].

Государственные и муниципальные учреждения, как и коммерческие организации, обладают собственной организационной культурой, формирующей их внутреннюю среду. Современные вызовы, стоящие перед учреждениями государственного сектора, требуют не только соблюдения установленных регламентов и правил, но и эффективного внутриорганизационного взаимодействия. Принятие сотрудниками организационных ценностей и норм поведения во многом определяет уровень их профессиональной ответственности, а также влияет на качество оказываемых услуг населению.

Исследование организационной культуры муниципального учреждения является ключевым инструментом диагностики и оценки эффективности реализации государственной культурной политики на локальном уровне. Сильная организационная культура напрямую определяет эффективность и качество творческого продукта, способствует развитию личных и профессиональных компетенций сотрудников.

Теоретические и практические аспекты организационной культуры отражены в работах таких исследователей, как Д. Хэмптон, Э. Шейн, К. Камерона и Р. Куинна, Р. Акоффа, С. Ханди [2; 3; 7; 10]. Исследованием организационной культуры также занимались российские ученые. Данная проблема рассматривалась в работах И.В. Грошева, О.С. Виханского, А.И. Наумова, В.А. Спивака., В.И. Маслова, Т.О. Соломанидиной и др. [3; 7; 9; 10; 11; 12].

При этом в научной литературе представлено достаточное количество типологий организационной культуры. Особое место среди них занимают: методика оценки организационной культуры OCAI К. Камерона и Р. Куинна [2], управленческая решетка Р. Блейка и Дж. Моутон, модель культурных ориентаций Р. Харрисона и Ч. Ханди, типология организационных культур по Р. Акоффу.

Актуальность темы исследования обусловлена высокой ролью организационной культуры в деятельности муниципальных учреждений. Анализ типа организационной культуры в учреждениях публичного сектора позволяет более глубже понять механизмы его функционирования, определить качество взаимодействия внутри коллектива.

Результаты и обсуждения

Понимание типа организационной культуры, ее сильных и слабых сторон служит основой для прогнозирования поведения персонала и его реакций на управленческие решения. Это также предоставляет возможность руководству организации определить конкретные направления по совершенствованию существующей культуры в условиях меняющейся внешней среды.

Цель исследования: провести анализ типа организационной культуры муниципального учреждения и определить направления ее развития.

Исследование проводилось на базе муниципального бюджетного учреждения культуры, основным видом деятельности которого является создание и организация работы клубных формирований, проведение различных по форме и тематике культурно-массовых мероприятий [7]. В учреждение входит 15 культурно-досуговых организаций. Численный состав персонала включает 73 сотрудника разного профиля деятельности: специалисты по методической работе, заведующие домами культуры, художественные руководители, хореографы, хормейстеры.

Анализ типа организационной культуры муниципального учреждения проводился с помощью следующих методов: методика оценки организационной культуры OCAI К. Камерона и Р. Куинна [2] и модель культурных ориентаций Р. Харрисона и Ч. Ханди [10, 14]. Выборка состояла из 45 респондентов – сотрудников муниципального учреждения, из них 30 женщин (67%) и 15 мужчин (33%).

На рисунке 1 представлены результаты исследования организационной культуры по методике К. Камерона и Р. Куинна.

В исследуемом учреждении сложился иерархический тип организационной культуры (60%). Для досугового центра характерна многоуровневая система управления, которая закреплена в локальных документах учреждения. Директор устанавливает задачи, которые в дальнейшем распределяются между специалистами центрального аппарата.

Творческий персонал работает согласно утвержденным должностным инструкциям. Все культурные мероприятия, творческие встречи организовываются по заранее разработанным сценариям.

Предпочтительным типом культуры организации сотрудниками был выбран клановый тип (58%). В ходе исследования было установлено, что директор также отдает предпочтение развитию элементов клановой культуры. Данные результаты свидетельствуют о том, что и сотрудникам, и руководству организации не хватает доверия и чувства ко-

манды, неформальных коммуникаций. Сотрудники хотят участвовать в принятии решений, чтобы их мнения на местах учитывалось при формировании стратегии мероприятий.

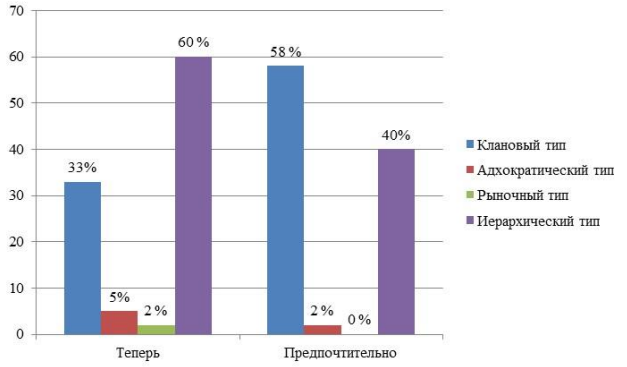


Рисунок 1 – Тип организационной культуры учреждения по методике К. Камерона и Р. Куинна.

Результаты исследования организационной культуры учреждения по модели культурных ориентаций Р. Харрисона и Ч. Ханди представлены на рисунке 2.

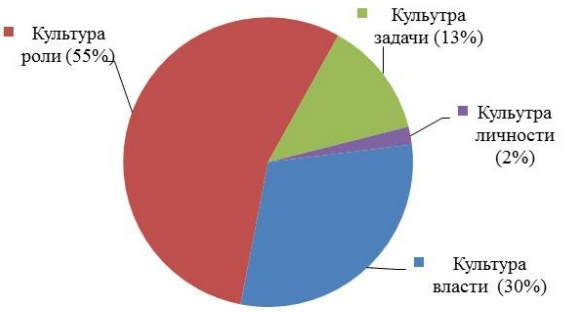


Рисунок 2 – Модель культурных ориентаций Р. Харрисона и Ч. Ханди.

Из рисунка 2 видно, что доминирующей организационной культурой в учреждении является ролевая культура (55%). Это означает, что организация функционирует по заданным процедурам и стандартам. Деятельность сотрудников учреждения культуры основана на четком распределении прав и обязанностей. При этом 30% респондентов отметили наличие культуры власть в учреждении. Это свидетельствует о том, что в организации руководитель выступает единственным источником власти, принятие решений сосредоточенно в одних руках. В учреждении цениться лояльность руководителю, а не компании, сотрудники ждут четких указаний и не проявляют инициативу. Низкие показатели по культуре задачи (13%) и культуре личности (2%) говорят о том, что в организации почти не ценятся проектная работа, результат и индивидуальность, что ограничивает гибкость и инновационность учреждения.

Полученные в результате исследования данные дают объемную картину сложившейся организационной культуры в муниципальном учреждении и позволяют увидеть, как она устроена. Доминирующие иерархический тип культуры и культура роли демонстрируют один и тот же элемент – приоритет регламентов, порядка и стабильности. Учреждение работает по процедурам, регламентам, зоны ответственности четко распределены, ценится дисциплина. Данные результаты логичны для муниципальных учреждений, где определяющим выступает вертикальная структура и жесткая отчетность.

Выводы

Проведенное исследование организационной культуры муниципального учреждения позволило сделать вывод, что в культурно-досуговом центре преобладают элементы иерархической и ролевой культур. Это свидетельствует о том, что организация функционирует как бюрократическая система с чёткими процедурами, вертикалью власти и формальными коммуникациями. Благодаря контролю и упорядоченности деятельности учреждения, достигается его максимальная эффективность.

Также было определено, что сотрудники центра отдают предпочтение элементам кланового типа культуры, то есть в организации существует разрыв между фактической и предпочитаемой культурой. Большое значение для сотрудников имеют развитие командного взаимодействия, сплоченность в коллективе, гибкость в принятии решений, но фактически они работают в системе, где доминируют роль и власть. Данный разрыв выступает ключевой управленческой проблемой.

При этом культура власти усиливает ролевую, но выступает барьером для развития клановой культуры. Централизация решений и ожидание указаний не дают развиваться неформальным коммуникациям, инициативе и чувству команды. Именно поэтому клановый тип остаётся желаемым, но сложно достижимым.

Таким образом организационная культура муниципального учреждения достаточно стабильная, но односторонняя. Она хорошо выполняет функцию поддержания порядка, но не создаёт условий для вовлечённости, инициативы и командной работы, которых хотят сотрудники. Для развития клановых элементов необходимо снижать централизацию, развивать обратную связь, делегирование и неформальные коммуникации, не разрушая при этом ролевую основу, а дополняя её.

В целом для совершенствования исследуемой организационной культуры муниципального учреждения можно реализовать следующие мероприятия.

Совместно с заведующими домами культуры ежеквартально проводить совещания для анализа прошедших досуговых мероприятий. Предлагается каждому руководителю составлять аналитические справки, где будут отражены сильные и слабые стороны проведенных мероприятий. Также это поможет найти новые форматы и методы работы с населением.

Для оказания методической помощи структурным подразделениям учреждения необходимо назначить кураторов из числа сотрудников центрального аппарата. Поддержка со стороны руководящего персонала позволит более грамотно распределять время, затраченное на организационные вопросы домов культуры. Данное сопровождение также повлияет на формирование благоприятной атмосферы в коллективе. В целях развития творческого потенциал режиссеров и сценаристов можно проводить семинары, мастер-классы по написанию сценарного материала и формированию концертных программ.

Рекомендуется проводить мероприятия по приобщению новых сотрудников к организационной культуре учреждения. Вовлечение новых членов команды учреждения можно проводить через создание программ адаптации. Такие программы должны включать в себя ознакомление с Кодексом этики и служебного поведения, Уставом муниципального бюджетного учреждения культуры, демонстрацию короткого видеофильма с историей развития организации и повествованием о главных деятелях культуры района. Видеофрагменты такого ролика можно разместить на официальном сайте учреждения, или транслировать перед проведением районных мероприятий.

Важно развивать систему нематериального стимулирования персонала учреждения через поощрение творческой деятельности. Например, за профессионализм, высокие результаты работы объявлять сотрудникам благодарность, награждать грамотами разного уровня, оформить Доску Почета, куда будут занесены специалисты, внесшие большой вклад в развитие сферы культуры.

Таким образом, анализ типа организационной культуры муниципального учреждения позволил выявить характерные ее черты, специфику и особенности управления. Результаты, полученные в ходе исследования, позволяют определить направления по ее совершенствованию. Реализация указанных мероприятий в будущем поможет развитию командной деятельности, усилению чувства сплоченности и лояльности, а также эффективному развитию системы управления персоналом в учреждении.

Литература

1. Дагаева Е. А. Диагностика и пути совершенствования организационной культуры муниципального учреждения / Е. А. Дагаева, О. Е. Шамшеева // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2023. – № 3(39). – С. 13-19.
2. Камерон К.С. Диагностика и изменение организационной культуры / К. С. Камерон, Р.Э. Куинн. – СПб: Питер, 2001. – 320 с.
3. Колосов В. А. Организационная культура: учебник для вузов / В. А. Колосов. – Москва: Юрайт, 2026. – 343 с.
4. Минкова Е. А. Типология организационной культуры в органах государственного и муниципального управления / Е. А. Минкова // Евразийский юридический журнал. – 2023. – № 2(177). – С. 401-402.
5. О противодействии коррупции в муниципальном бюджетном учреждении культуры «Красногвардейский Межпоселенческий культурно-досуговый центр» : Приказ муниципального бюджетного учреждения культуры «Красногвардейский Межпоселенческий культурно-досуговый центр» от 21 октября 2020 года № 65 – 2020. – 13 с.
6. Об утверждении Устава муниципального учреждения культуры «Красногвардейский Межпоселенческий культурно-досуговый центр» в новой редакции: Постановление администрации муниципального образования «Красногвардейский район» от 8 ноября 2011 года № 647 – 2011. – 27 с.
7. Организационная культура : учебник и практикум для вузов / В. Г. Смирнова, Г.Р. Латфуллин, Ю.В. Воскресенская [и др.] – Москва: Юрайт, 2026. – 306 с.
8. Руднев Е. А. Организационная культура российских компаний в условиях социально-экономических изменений / Е. А. Руднев // Российский журнал менеджмента. – 2023. – Т. 21, № 4. – С. 600-618.
9. Селезнева Е. В. Психология управления: учебник и практикум для вузов / Е. В. Селезнева. – Москва: Юрайт, 2025. – 373 с.

10. Соломанидина Т. О. Организационная культура компании: учебное пособие – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 624 с.
11. Сударкина Е. С. Специфика организационной культуры в государственных и коммерческих организациях / Е. С. Сударкина // Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. – 2016. – № 2. – С. 456-463.
12. Юркова И.Г., Скрипниченко Л.С. Организационное поведение: ценности в системе управления: учебное пособие – Кубанский государственный университет, Краснодар, 2019. – 142 с.
13. Юркова И.Г., Скрипниченко Л.С. Психология организационных систем: личность, группы, лидерство: учебное пособие – Кубанский государственный университет, Краснодар, 2025. – 218 с.
14. Юркова И.Г., Каткова Ю.Э. Организационная культура современных компаний: учебное пособие – Кубанский государственный университет, Краснодар, 2013. – 74 с.

Assessment and directions for improving the organizational culture of a company in the field of municipal services

Yurkova I.G., Antonova A.V.
Kuban State University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the analysis of the type of organizational culture of a municipal cultural institution. The following methods were used in the study: OCAI organizational culture assessment methodology by K. Cameron and R. Quinn, the model of cultural orientations by R. Harrison and Ch. Handy. According to the results of the study, it was determined that hierarchical and role-based types of organizational culture prevail in the institution. The staff's need to develop elements of the clan type of culture was also identified. Special attention was paid to complementing the existing organizational culture with individual clan-type elements in order to increase the efficiency of the functioning of a municipal institution.

Keywords: organizational culture, type of organizational culture, municipal institution, culture institution, values, behavioral norms, model of cultural orientations, corporate values, team interaction.

References

1. Dagaeva E.A. Diagnostics and ways to improve the organizational culture of a municipal institution / E.A. Dagaeva, O.E. Shamsheeva // Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics. – 2023. – No. 3 (39). P. 13-19.
2. Cameron, K.S. Diagnosing and Changing Organizational Culture / K.S. Cameron, R.E. Quinn. – St. Petersburg: Piter, 2001. – 320 p
3. Kolosov V.A. Organizational culture: textbook for universities / V.A. Kolosov. – Moscow: Yurait, 2026. – 343 p.
4. Minkova E.A. Typology of organizational culture in state and municipal administration bodies / E.A. Minkova // Eurasian Law Journal. – 2023. – No. 2 (177). P. 401-402.
5. On combating corruption in the municipal budgetary cultural institution «Krasnogvardeisky Intersettlement Cultural and Leisure Center»: order of the municipal budgetary cultural institution «Krasnogvardeisky Intersettlement Cultural and Leisure Center» dated October 21, 2020, No. 65. – 2020. – 13 p.
6. On approval of the charter of the municipal culture institution «Krasnogvardeisky Intersettlement Cultural and Leisure Center» as amended: resolution of the administration of the municipal formation «Krasnogvardeisky District» dated November 8, 2011, No. 647. – 2011. – 27 p.
7. Organizational culture: textbook and practical course for universities / V.G. Smirnova, G.R. Latfullin, Yu. V. Voskresenskaya [et al.] – Moscow: Yurait, 2026. – 306 p.
8. Rudnev E.A. Organizational culture of Russian companies in the context of socio-economic changes / E.A. Rudnev // Russian Management Journal. – 2023. – Vol. 21, No. 4. – P. 600-618.
9. Selezneva E.V. Management psychology: textbook and practical course for universities / E.V. Selezneva. – Moscow: Yurait, 2025. – 373 p.
10. Solomanidina T.O. Organizational culture of a company: study guide. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: INFRA-M, 2019. – 624 p.
11. Sudarkina E.S. Specific features of organizational culture in public and commercial organizations / E.S. Sudarkina // Electronic Bulletin of the Rostov Socio-Economic Institute. – 2016. – No. 2. – P. 456-463.
12. Yurkova I.G., Skripnichenko L.S. Organizational behavior: values in the management system: study guide. – Krasnodar: Kuban State University, 2019. – 142 p.
13. Yurkova I.G., Skripnichenko L.S. Psychology of organizational systems: personality, groups, leadership: study guide. – Krasnodar: Kuban State University, 2025. – 218 p.
14. Yurkova I.G., Katkova Yu. E. Organizational culture of modern companies: study guide. – Krasnodar: Kuban State University, 2013. – 74 p.

Применение компетентностного подхода в процессе формирования кадрового резерва

Юркова Ирина Геннадьевна
доцент, кандидат психологических наук, доцент кафедры управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, shelig@rambler.ru,

Каткова Юлия Эдуардовна
старший преподаватель, кафедры управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, emylife_mk@mail.ru,

Мезужок Михаил Валерьевич
преподаватель кафедры управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, mike93@mail.ru,

Балакина Елизавета Владимировна
магистрант по направлению подготовки «Управление персоналом», кафедра управления персоналом и организационной психологии, Кубанский государственный университет, lizynka2001@yandex.ru

Предметом исследования данной работы выступает компетентностный подход в работе с кадровым резервом. Компетентностный подход - направление, которое активно внедряется в систему управления персоналом в различных сферах. Одним из элементов системы управления персоналом является управление кадровым резервом. Благодаря использованию компетентностного подхода, организации могут разрабатывать для каждой должности в кадровом резерве модель компетенций и на ее основе формировать программы развития резервистов. Базой исследования выступала транспортно-логистическая компания. Рассматривалось применение компетентностного подхода при организации работы с кадровым резервом на должность руководитель отдела продаж. Результатом исследования выступил алгоритм разработки и внедрения модели компетенций для должности руководителя отдела продаж транспортно-логистической компании.
Ключевые слова: компетентностный подход, компетенции, модель компетенций, кадровый резерв, руководителя отдела продаж, управление персоналом, индикаторы компетенций, профессиональный стандарт.

Введение

В системе управления персоналом особое место занимает работа с кадровым резервом, которая рассматривается как стратегический инструмент организации. Работа с кадровым резервом — это целенаправленная деятельность по формированию, развитию и подготовке группы сотрудников, обладающих потенциалом для замещения руководящих и ключевых должностей. Перед организациями во все времена вставал вопрос - как «воспитать» нужных для организации руководителей и лидеров. Для мелких организаций работа с кадровым резервом не является актуальным вопросом, поскольку численность небольшая и соотношение руководителей к специалистам не велико. Кадровый резерв больше интересен для среднего и крупного бизнеса, поскольку численность руководителей к специалистам выше. Какими инструментами и подходами будет выстраиваться работа с кадровым резервом решает организация.

Для более детального рассмотрения процесса работы с кадровым резервом необходимо понять, что это и какие особенности формирования кадрового резерва. По мнению отечественных авторов, таких как Базаров Т.Ю., Б.Л. Еремин и Е.А. Аксенова, кадровый резерв — это специально сформированная группа работников, соответствующих по своим качествам требованиям, предъявляемым к руководителям определенного уровня, прошедших процедуру отбора, специальную управленческую и профессиональную подготовку и потенциально способных к управленческой деятельности [10].

Для того чтобы требования к руководителям различных уровней были не декларативными, а рабочими, необходима система отбора резервистов, которая переводит эти требования в измеримые критерии и процедуры оценки. Самый гибкий и современный это компетентностный подход и создание модели компетенции.

По мнению Коломеец Н.В., компетенции — это характеристики личности, проявляющиеся в поведении на рабочем месте и позволяющие эффективно выполнять работу [6]. Соответственно, на основании имеющихся компетенций работников можно выстраивать систему важных и необходимых компетенций для организации.

Использование компетентностного подхода в процессе формирования кадрового резерва позволяет организации гибко реагировать на вызовы внешней среды и оперативно менять показатели компетенций. Данный подход также позволяет решать следующие вопросы:

потребности и возможности бизнеса (организации выбирают и прогнозируют вакантные руководящие позиции и рассчитывают ресурсы);

развитие персонала (работники удовлетворяют свою потребность в развитии и профессиональном росте, а также повышают лояльность и преданность к компании, которая предоставляет им такую возможность);

вызовы окружающей среды (в современном обществе невозможно предугадывать потребность в руководящих позициях на ближайшие 10 лет, поскольку рынок труда меняется сейчас каждый день) [1, 2, 3, 4].

Результаты и обсуждения

Модель компетенций — это система, которая включает в себя значимые компетенции для должности и уровень их развития, который измеряется индикаторами. Для кадрового резерва это именно тот инструмент, который позволяет быстро и качественно оценивать резервистов, и определять направления и методы их развития.

В данной работе рассматривается разработка модели компетенций для формирования кадрового резерва в отделе продаж в транспортно-логистической компании. Отдел продаж является одним из наиболее значимых подразделений организации, поскольку результаты его работы непосредственно отражаются на выручке и прибыли компании. В связи с этим к кандидатам на должность руководителя отдела продаж (РОП) предъявляется комплекс требований, с учетом специфики деятельности компании. Соответствие компетенций кандидата данным требованиям выступает условием эффективного выполнения должностных обязанностей.

Для разработки модели компетенций можно использовать как внутренних экспертов в компании, так и привлеченных со стороны. Для найма внешних компаний, конечно, потребуется больше времени и финансовых средств для ее разработки. Если используются внутренние ресурсы, то выделяется определенная группа экспертов, которая будет работать над созданием и тестированием модели. Как правило, для разработки компетенций и индикаторов в качестве экспертов привлекаются максимально приближенные к этой должности, а именно: непосредственный руководитель в данном подразделении (или руководитель/руководители, которые определены организационной структурой должностными обязанностями), вышестоящие руководители, специалист в сфере управления персоналом, специалист по обучению и развитию персонала (если такой имеется).

В начале работы по созданию модели определяется перечень компетенций, которые важны в работе. Для этого берется либо профессиональный стандарт, либо разработанная и действующая должностная инструкция руководителя отдела продаж данной компании. Таким образом, образовывается

пул компетенций, которые нужно количественно оценивать. Для этого к каждой компетенции разрабатываются минимум 3 индикатора (компетенция – это общее понимание, умение, знание, опыт; индикатор – это узко направленное и конкретное знание). Важно подбирать такие индикаторы, которые эксперты смогут оценить с помощью каких-либо заданий. Когда индикаторы для каждой компетенции готовы, разрабатываются сами задания, на основании которых будет проводиться оценка текущего уровня развития компетенций кандидата. Задания могут как разрабатываться внутри компании, так и использоваться готовые. Например, для определения уровня английского необязательно с нуля создавать тест, можно воспользоваться готовым тестом и добавить профессиональные термины. Для проведения тестирования приглашается специалист по управлению персоналом, которые анализирует результаты теста и предоставляет их экспертам по разработке модели компетенций.

Рассмотрим практический опыт разработки модели компетенций Руководителя отдела продаж в транспортно-логистической компании. Экспертами в данной работе выступали коммерческий директор, специалист по управлению персоналом, руководитель отдела продаж смежного отдела, генеральный менеджер. На первом этапе работы экспертами были определены 3 компетенции и разработаны индикаторы к ним, по которым будет проводиться оценка уровня развития каждой компетенции у кандидата на должность руководителя отдела продаж.

Каждый индикатор оценивается количественной мерой, например, компетенцию «Знание английского языка» и индикатор «Грамматика» можно оценить по балльной системе, где 0 баллов – ни одного правильного ответа, индикатор не развит, а 10 баллов – задания все выполнены правильно, индикатор развит (уровень мастерства). В таблице 1 представлены выбранные компетенции и индикаторы.

Таблица 1
Ключевые компетенции руководителя отдела продаж (РОП)

Компетенция	Индикаторы компетенций
Знание английского языка	-лексика (1); -грамматика (2); -аудирование (3).
Знание оперативной работы логиста	-размещение букингов (4); -выставление счетов по перевозкам (5); -заполнение коносамента (морского перевозочного документа) (6)
Продажа логистических услуг	-составление договоров с контрагентами и клиентами (7); -грамотное ведение переписки с клиентами (8); -расчет ставок для перевозки груза клиента (9).

Источник: Составлено автором на основании исследования в компании

Далее составляется комплекс практических заданий, кейсов или тестов. Такие практические задания составляются с экспертами, которые понимают специфику деятельности и знают все тонкости работы. Поскольку сфера логистики исследуемой компании специфична, то внешние эксперты в нашем случае не были приглашены, так как посторонние организации предлагают модели для рядовых должностей, без углубления в специфику деятельности.

Рассмотрим пример задания для индикатора 4 – размещение букингов. Для выполнения задания необходимо предоставить кандидату исходные данные по перевозке, а именно: грузоотправитель (со всеми данными организации), грузополучатель (со всеми данными организации), вид груза, порт отправления, порт назначения, количество груза общее, количество контейнеров. Задача кандидата – в зависимости от груза подобрать морскую линию и отправить готовый шаблон букинга на согласование. Так как у каждой морской линии есть свои ограничения по виду груза (например, линия MSC не возит химическую продукцию), кандидат должен выбрать правильную линию, запросить у линии шаблон букинга (так как у всех организаций разные драфты). После этого кандидат должен корректно заполнить исходные данные и заполнить их по номерам контейнеров и массе (распределить общее количество груза между имеющимися объемами контейнеров). После заполнения кандидат направляет букинг на согласование в линию и, если все корректно заполнено, линия со своей стороны предлагает свободные даты для отправки груза.

Оценивается задание следующим образом:

10 баллов - корректное заполнение букинга и положительный ответ от линии с номером присвоения букинга + корректный статус для отслеживания.

7-9 баллов – все поля в букинге заполнены верно, но нет документального подтверждения от линии или статус по отслеживанию находится в обработке.

4-6 баллов – есть мелкие ошибки: неверный порт, неправильные габариты контейнера, неверный код груза, но ответ от линии получен на исправление букинга.

1-3 балла – неправильно заполнены грузоотправитель, грузополучатель, не подтверждена ставка для перевозки.

0 баллов – букинг отклонен линией (может быть из-за неправильно подобранной линии для конкретного груза).

На следующем этапе определяем кандидатов на должность руководителя отдела продаж. В нашем случае, у нас есть 5 кандидатов, которые сейчас работают менеджерами данного отдела. Каждый из кандидатов проработал в компании больше 1 года (это одно из условий включения в кадровый резерв). Для того, чтобы определить, кто из кандидатов наиболее подходит для должности руководителя, необходимо оценить нынешний уровень развития компетенций. Для каждой компетенции предоставляем кандидатам тесты/задания/кейсы и на основании результатов проводим первичный отбор кандидатов.

Рассмотрим пример результатов оценки кандидатов, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2
Результаты оценки кандидатов кадрового резерва на должность руководителя отдела продаж (РОП)

Кандидат	Знание английского языка			Знание оперативной работы логиста			Продажа логистических услуг			Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Кандидат №1	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	9/10	89
Кандидат №2	8/10	8/10	10/10	10/10	9/10	9/10	10/10	10/10	9/10	83
Кандидат №3	8/10	10/10	7/10	9/10	10/10	10/10	10/10	10/10	9/10	83
Кандидат №4	9/10	9/10	10/10	10/10	10/10	9/10	10/10	10/10	10/10	87
Кандидат №5	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	9/10	10/10	10/10	10/10	89

Источник: Составлено автором на основании исследования в компании

Исходя из данных таблицы выделяем трех лидеров: Кандидат №1 (89 баллов из 90), Кандидат №4 (87 баллов из 90), Кандидат №5 (89 баллов из 90). Таким образом, благодаря оценке уровня развития компетенций, мы видим по каким конкретно индикаторам у каждого из кандидатов отставание от эталонного значения (в данном случае 10 баллов – это эталон). Соответственно, для приведения профилей кандидатов в соответствие с эталонными значениями Кандидату №1 нужно восполнить пробелы в практических знаниях по расчету ставок для перевозки груза, Кандидату №4 пройти обучение по английскому языку с акцентом на грамматику и лексику, а также подтянуть практические знания в заполнении коносамента, Кандидату №5 усовершенствовать знания по заполнению коносаментов.

Выводы

На примере создания модели компетенций для должности руководителя отдела продаж транспортно-логистической компании можно сделать ряд выводов.

Во-первых, модель компетенций позволяет собрать все самые значимые навыки кандидата на должность в одной системе. Эта модель может вестись как в электронных ресурсах и учетных системах, так и таблице Excel. Для ее ведения и актуализации не нужны дополнительные затраты на программное обеспечение.

Во-вторых, благодаря использованию компетентностного подхода в процессе формирования и развития кадрового резерва можно с нуля обучить сотрудника на позицию руководителя [13, 14]. Так как в модели выбираются эталонные значения, то можно оценить реальную картину уровня развития компетенций кандидата и эталонного значения. Сокращение выявленного разрыва достигается посредством разработки и назначения кандидату индивидуальной программы обучения, ориентированной на развитие конкретной компетенции.

В-третьих, модель компетенций позволяет рассмотреть должность со всех сторон. Это дает возможность увидеть позицию не только со стороны «руководитель» (оценить и выделить основные компетенции руководителя), но и со стороны «эксперт» (детальное понимание специфики работы).

В-четвертых, компетентностный подход позволяет гибко реагировать на любые изменения. Например, компания начала заниматься не только ж\д и автоперевозками, но и авиаперевозками. Соответственно, здесь добавляется компетенция - знание мультимодальной логистики (что включает в себя правила перевозки по всем видам транспорта, тарифы и т.д.). Эксперты добавляют в модель новую компетенцию, подбирают к ней индикаторы и выбирают количественные мерки.

Таким образом, компетентностный подход в процессе формирования кадрового резерва — это гибкий и современный метод, который позволяет рассмотреть позицию из кадрового резерва со всех сторон и подобрать эталонные значения для каждого индикатора компетенции. Важно соблюдать баланс между эталонными значениями и реальностью, поскольку мерки должны соответствовать реальным значениям.

Литература

1. Андреева И.С., Данилов И.П. Компетентностный подход к управлению персоналом как конкурентное преимущество предприятия // Вестник Чувашского университета. 2014. № 1. С. 218-224.

2. Афанасьева Л.А., Коптева К.В. Разработка инвариантной модели компетенций как элемент кадровой политики компании // Auditorium. 2015. №1 (5). С. 48-57.
3. Гончарова А.В. Создание условий для реализации компетентностного подхода в обучении и развитии персонала // Human Progress. 2018. №4.
4. Калачев А.Е., Смирнова Е.Е. Применение компетентностного подхода в управлении персоналом // Инновационные технологии управления и права. 2015. № 2(12). С. 38-43.
5. Калинина М.В. Совершенствование системы управления персоналом на основе компетентностного подхода // Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития : сборник научных статей 5-й Международной научно-практической конференции в 2-х томах, Курск, 29–30 декабря 2015 года / Ответственный редактор: Горохов А.А. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2015. С. 207-210.
6. Коломеец Н.В. Компетентностный подход в обучении и развитии персонала // Вестник ОмГУ. Серия «Экономика». 2017. №4 (60). С. 79-85.
7. Османова З.О. Модель компетенций в оценке и управлении персоналом предприятия // Бюллетень науки и практики. 2017. №1 (14). С.170-175.
8. Останина М.В. Проблема компетентностного подхода к персоналу в стратегическом управлении человеческими // Актуальные вопросы современной науки. 2008. № 4-1. С. 66-78.
9. Родина В.Н., Горбова В.Ю. Компетентностный подход к управлению развитием персонала // Промышленная и торговая политика: приоритеты, ресурсы, риски: Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 14–16 ноября 2014 года. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2014. С. 212-214.
10. Управление персоналом: учебник для вузов / Е.А. Аксенова [и др.]; под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮНИТИ, 2017. 570 с.
11. Чуланова О.Л. Компетентностный подход в управлении персоналом: учебник. – Москва : ИНФРА-М, 2023. 368 с.
12. Чуланова О.Л., Борисенко Н.С. Минимизация кадровых рисков при внедрении компетентностного подхода в управление персоналом организаций // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8-1. С. 229-234.
13. Юркова И.Г., Каткова Ю.Э., Капусткина Е.А. Характер работы со стратегическим резервом кадров на аграрном предприятии // Первый экономический журнал. 2025. № 3(357). С. 161-167.
14. Юркова И.Г., Скрипниченко Л.С., Лебедева Ю.Э. Личностные факторы успешности руководителя: монография. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022. 362 с.

The application of a competence-based approach in the process of forming a personnel reserve

Yurkova I.G., Katkova Ju.E., Mezuzhok M.V., Balakina E.V.
Kuban State University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The subject of this research is the competency-based approach to working with the talent pool. The competency-based approach is a direction that is actively being introduced into the personnel management system in various fields. One of the elements of the personnel management system is talent pool management. Thanks to the use of the competency-based approach, organizations can develop a competency model for each position in the talent pool and, based on it, create development programs for the pool members. The research was based on a transport and logistics company. The application of the competency-based approach in organizing work with the personnel reserve for the position of sales department head was considered. The result of the study was an algorithm for developing and implementing a competency model for the position of sales department head in a transport and logistics company.

Keywords: competency-based approach, competencies, competency model, personnel reserve, sales department head, personnel management, competency indicators, professional standard.

References

1. Andreeva I.S., Danilov I.P. Competence-based approach to personnel management as a competitive advantage of the enterprise // Bulletin of the Chuvash University. 2014. No. 1. P. 218–224.
2. Afanasyeva L.A., Kopteva K.V. Development of an invariant competency model as an element of a company's personnel policy // Auditorium. 2015. No. 1 (5). Pp. 48–57.
3. Goncharova A.V. Creating conditions for implementing the competency-based approach in personnel training and development // Human Progress. 2018. No. 4.
4. Kalachev A.E., Smirnova E.E. Application of the competency-based approach in personnel management // Innovative Technologies of Management and Law. 2015. No. 2(12). Pp. 38–43.
5. Kalinina M.V. Improving the personnel management system based on a competency-based approach // Research into the innovative potential of society and the formation of directions for its strategic development: collection of scientific articles of the 5th International Scientific and Practical Conference in 2 volumes, Kursk, December 29–30, 2015 / Executive editor: A.A. Gorokhov. Volume 1. – Kursk: Closed Joint-Stock Company «Universitetskaya Kniga», 2015. Pp. 207–210.
6. Kolomeets N.V. Competency-based approach in staff training and development // Vestnik OmGU. Series "Economics". 2017. No. 4 (60). Pp. 79–85.
7. Osmanova Z.O. Model of competencies in the assessment and management of enterprise personnel // Bulletin of science and practice. 2017. No. 1 (14). Pp. 170–175.
8. Ostanina M.V. The problem of a competency-based approach to personnel in strategic human resource management // Actual issues of modern science. 2008. No. 4-1. Pp. 66–78.
9. Rodina V.N., Gorbova V.Yu. Competence-based approach to personnel development management // Industrial and trade policy: priorities, resources, risks: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Tyumen, November 14–16, 2014. – Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University, 2014. Pp. 212–214.
10. Personal Management: a textbook for universities / E.A. Aksenov [et al. (eds.). T.Yu. Bazarov, B.L. Ieremin. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: UNITY, 2017. 570 p.
11. Chulanova O.L. Competency-based approach in personnel management: a textbook. – Moscow: INFRA-M, 2023. 368 p.
12. Chulanova O.L., Borisenko N.S. Minimizing HR risks during the implementation of a competency-based approach in organizational personnel management // Current Issues in Humanities and Natural Sciences. 2015. No. 8-1. P. 229-234.
13. Yurkova I.G., Katkova Yu.E., Kapustkina E.A. The nature of work with the strategic personnel reserve at an agricultural enterprise // First Economic Journal. 2025. No. 3(357). Pp. 161-167.
14. Yurkova I.G., Skripnichenko L.S., Lebedeva Yu.E. Personal factors of a leader's success: a monograph. – Krasnodar: Kuban State University, 2022. 362 p.

Индекс организационно-экономической витальности как инструмент диагностики устойчивости малых инновационных предприятий в условиях цифровой трансформации

Ян Чэньдун
аспирант, кафедра менеджмента, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Chendongyang0@outlook.com

Статья посвящена разработке и обоснованию Индекса организационно-экономической витальности (ИОЭВ) как инструмента оценки устойчивости малых инновационных предприятий в условиях цифровой трансформации экономики. Обоснована необходимость перехода от преимущественно финансового подхода к диагностике, учитывающей взаимосвязь когнитивных, ресурсных, платформенных и защитных характеристик предприятия. Предложена методика формирования интегрального индекса, включающая нормирование частных показателей, определение весовых коэффициентов на основе экспертной оценки, ретроспективной верификации и анализа чувствительности. Разработана матрица интерпретации значений ИОЭВ, позволяющая связать результаты диагностики с соответствующими управленческими решениями. Практическая апробация методики проведена на примере малого инновационного предприятия ООО «Прогресс», для которого выявлен реактивный уровень устойчивости и определены приоритетные направления развития. Показана возможность использования ИОЭВ не только для оценки текущего состояния предприятия, но и для формирования ориентиров его адаптации к технологическим, ресурсным и цифровым ограничениям. Обозначены основные ограничения методики и направления ее дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: малые инновационные предприятия, цифровая трансформация, организационно-экономическая устойчивость, Индекс организационно-экономической витальности, когнитивные факторы производства, диагностика устойчивости.

Введение

Цифровая трансформация экономики, характеризующаяся ускорением темпов внедрения технологических изменений и перестройкой бизнес-моделей, создает качественно новую среду для хозяйствующих субъектов. В этих условиях малые инновационные предприятия (МИП) становятся критически важным звеном в обеспечении технологического суверенитета, выступая драйверами разработки и коммерциализации прорывных решений. Двойственная природа МИП определяет их уязвимость и одновременно потенциал: сжатый управленческий аппарат и высокая гибкость позволяют им быстрее адаптироваться к внешним условиям, однако ограниченность финансовых, кадровых и организационных резервов делает их крайне чувствительными к внешним шокам, таким как санкционное давление, разрыв цепочек поставок и волатильность рынков.

Сложившиеся методы оценки устойчивости предприятия преимущественно оперируют финансовыми коэффициентами, такими как показатели ликвидности, рентабельности, оборачиваемости, структуры капитала и активов. Данные показатели хотя и важны для диагностики текущего финансового состояния, однако они обладают принципиальным ограничением: они фиксируют уже состоявшийся результат хозяйственной деятельности и не отражают способность предприятия к адаптации в условиях цифровой трансформации [2]. Финансовые коэффициенты занижают оценку компаний с преобладанием нематериальных активов, не позволяя выявить дисбалансы между материальной базой и интеллектуальным потенциалом коллектива. Между тем, именно величина рассогласований между подсистемами предприятия, а не абсолютный уровень каждой из них, определяет его реальную жизнеспособность в цифровой среде. Кроме того, традиционные подходы не учитывают специфические риски, возникающие в условиях платформенного диктата и санкционного давления. Как отмечает Е. А. Ступникова, «Дефицит цифровых компетенций ограничивает способность МСП адаптироваться к новым реалиям» [6], а платформенные бизнес-модели угрожают вытеснением традиционных игроков.

Исходя из этого, **актуальность** настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки инструмента, который, в отличие от традиционных финансовых коэффициентов, позволял бы диагностировать не только достигнутый уровень устойчивости МИП, но и степень согласованности между его когнитивными, ресурсными, цифровыми и защитными подсистемами, выявляя риски на ранних этапах внедрения новых цифровых технологий. Этим требованиям отвечает предлагаемый Индекс организационно-экономической витальности (ИОЭВ), который может служить основой для принятия обоснованных управленческих решений и адресной государственной поддержки малых технологических компаний. Под «витальностью» в данном случае понимается не биологическая аналогия и не простая способность предприятия выживать, а его способность сохранять развитие в условиях внешнего давления. Она предполагает одновременное поддержание трех ключевых состояний: сохранение выбранного технологического направления, обеспечение платёжеспособности и контроль над собственными данными и результатами разработок. ИОЭВ позволяет объединить эти взаимосвязанные, но разнородные характеристики в единой системе оценки, что делает возможным их сопоставление и выявление дисбалансов между ними.

Цель статьи заключается в разработке и обосновании Индекса организационно-экономической витальности (ИОЭВ) как инструмента диагностики устойчивости малых инновационных предприятий в условиях цифровой трансформации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Уточнить содержание устойчивости МИП в условиях цифровой трансформации;

Обосновать структуру и состав компонентов ИОЭВ, отражающих когнитивные, ресурсные, платформенные и защитные аспекты деятельности;

Разработать процедуру расчета, нормирования и интерпретации интегрального индекса;

Провести апробацию разработанной методики на примере предприятия ООО «Прогресс» для оценки ее практической применимости;

Обозначить существующие ограничения и дальнейшие направления исследования.

В качестве **объекта исследования** выступают малые инновационные предприятия, функционирующие в условиях цифровой трансформации экономики. Разработанная методика апробирована на примере конкретного предприятия — ООО «Прогресс», что позволяет оценить ее практическую применимость в условиях реальной хозяйственной деятельности.

Предмет исследования — управленческие отношения и инструменты диагностики, складывающиеся при оценке его организационно-экономической устойчивости.

Научная новизна исследования состоит в разработке теоретико-методического комплекса положений, описывающих построение единого адаптивного механизма обеспечения устойчивого развития малых инновационных предприятий, действующего внутри системы цифровых ограничений.

Материалы и методы исследования

Теоретико-методологической базой исследования послужили положения современной экономической теории, а также работы по инновационному менеджменту, теории предпринимательства, цифровой экономике и управлению устойчивостью предприятий.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики, а также результаты авторского обследования малого инновационного предприятия ООО «Прогресс». Для апробации методики использовались: годовая и квартальная бухгалтерская отчетность предприятия за 2022–2024 гг.; результаты внутренних тестирований цифровых компетенций персонала; данные о структуре затрат на инновационную деятельность.

Расчет интегрального индекса организационно-экономической витальности (ИОЭВ) выполнялся по формуле аддитивной свертки с использованием весовых коэффициентов, определенных в рамках трехэтапной процедуры калибровки (экспертная оценка, верификация на ретроспективных данных, анализ чувствительности). Нормирование частных показателей осуществлялось методом линейного масштабирования к диапазону [0;1].

Результаты и их обсуждение

1. Устойчивости МИП в условиях цифровой трансформации

Традиционное понимание организационно-экономической устойчивости предприятия в экономической теории и практике управления длительное время основывалось на представлении о способности хозяйствующего субъекта удерживать заранее установленные целевые параметры при любых воздействиях извне и изнутри. В рамках такого подхода устойчивость трактовалась как статическое равновесие, достигаемое за счет накопления материальных резервов, поддержания ликвидности и минимизации отклонений от плановых показателей. Однако стремительное развитие цифровых технологий и переход к Индустрии 4.0 принципиально изменили характер внешней среды, в которой функционируют малые инновационные предприятия. Кроме того, пандемия и последующие кризисные явления значительно ускорили процессы структурных изменений, превратив цифровую трансформацию из опционального преимущества в безальтернативное условие выживания бизнеса [3]. В этих условиях попытка удержать достигнутый уровень без технологического обновления оборачивается потерей рынка в течение одного-двух продуктовых циклов [4].

В настоящем исследовании устойчивость малого инновационного предприятия понимается как способность сохранять целостность когнитивного ядра и непрерывность инновационного процесса при воздействии цифровых и ресурсных ограничений, восстанавливая равновесие без снижения качества интеллектуального капитала. Подобная трактовка смещает акцент с удержания статичного состояния на динамическую адаптацию, при которой устойчивость достигается не сопротивлением изменениям, а способностью инициировать их опережающим образом. Инновационное развитие выступает, таким образом, активной формой поддержания устойчивости, позволяющей своевременно адаптировать когнитивные факторы производства к меняющимся требованиям цифровых экосистем.

Ключевую роль в этом процессе играют когнитивные факторы производства — воплощенная в хозяйствующем субъекте совокупность знаний и навыков, способствующих росту производительной силы при создании интеллектуального продукта [1]. В отличие от материальных активов, которые могут быть восполнены или замещены, потеря интеллектуального актива необратима и обесценивает всю последующую траекторию развития предприятия. Для малого инновационного бизнеса, где конкурентное преимущество и рыночная стоимость формируются исключительно уникальными алгоритмами, базами данных и компетенциями персонала, именно когнитивные факторы становятся ведущей детерминантой устойчивости.

2. Методика формирования Индекса организационно-экономической витальности

В основе предлагаемой методики лежит представление о малом инновационном предприятии как о динамической системе, функционирующей внутри жестких ограничений цифрового пространства. Процедура оценки выходит за рамки анализа текущих финансовых итогов и ориентирована на способность организации трансформировать технологические вызовы в импульсы для качественного обновления когнитивных факторов производства.

Индекс организационно-экономической витальности (ИОЭВ) представляет собой интегральный показатель, агрегирующий четыре разнородные компоненты деятельности МИП. Его расчет выполняется по формуле 1:

$$IOEV = w1K1 + w2K2 + w3K3 + w4K4 (1)$$

Где значения переменных определяются следующим образом:

K_1— коэффициент когнитивной витальности. Он отражает уровень цифровых компетенций персонала и способность к обучению.

K_2— коэффициент ресурсной адекватности. Параметр учитывает долю инновационных затрат и обеспеченность ИТ-инфраструктурой.

K_3— глубина включённости в внешние цифровые площадки: доля заказов, расчётов и обмена данными, проходящая через такие сервисы.

K_4— показатель экономической безопасности. Коэффициент отражает уровень киберзащищенности и степень технологического суверенитета.

w_i — динамические весовые коэффициенты значимости каждого блока. Их значения корректируются в зависимости от стадии технологического цикла.

Принципиальным отличием предлагаемого индекса от традиционных финансовых коэффициентов является его диагностическая направленность: ИОЭВ измеряет не абсолютный уровень каждой подсистемы, а величину рассогласований между ними. Благодаря этому когнитивные и структурные разрывы выявляются до того, как они отразятся в бухгалтерской отчетности.

Каждый из четырех компонентов индекса представляет собой агрегированную оценку, рассчитываемую на основе системы частных показателей. Ниже представлена структура каждого коэффициента.

Коэффициент когнитивной витальности (K_1) формируется на основе оценки цифровых компетенций персонала, включая способность к обработке информации в цифровой среде, использованию инструментов моделирования, обеспечению кибербезопасности данных, коммуникациям в цифровых экосистемах, а также навыки цифрового планирования и прогнозирования. Оценка каждого навыка производится по трехуровневой шкале (низкий — 0; средний — 0,5; высокий — 1,0) на основе результатов внутренних обследований и тестирований персонала. Итоговое значение K_1 рассчитывается как среднее арифметическое всех оцениваемых компетенций. Как показано в диссертации, в условиях цифровой трансформации именно когнитивная составляющая выступает ведущей детерминантой устойчивости МИП, поскольку оборудование и денежные резервы у малого предприятия ограничены по определению, и единственный ресурс, который оно способно наращивать быстрее крупных игроков, — подготовленность людей к переучиванию и самостоятельной разработке замещающих решений [1].

Коэффициент ресурсной адекватности (K_2) оценивает соответствие материально-технической базы и финансовых ресурсов задачам инновационного развития. В его расчет входят показатели доли инновационных затрат в общем объеме отгруженных товаров (работ, услуг), обеспеченности предприятия персональными компьютерами и программным обеспечением, а также структура источников финансирования инновационной деятельности. Особое внимание уделяется доле собственных средств в общем объеме инновационных затрат, что характеризует степень финансовой автономности предприятия и его уязвимость перед внешними факторами. Нормирование показателей осуществляется методом приведения к диапазону [0;1] на основе отраслевых бенчмарков и ретроспективных данных самого предприятия.

Коэффициент платформенной интеграции (K_3) измеряет глубину включенности предприятия в цифровые экосистемы и платформенные структуры. Как отмечает Е. В. Попов, «глобальная цифровизация экономической деятельности делает одним из ключевых условий развития инновационной деятельности требование совместного использования субъектами рынка информационных ресурсов и информационной инфраструктуры» [5]. В расчет K_3 входят: доля заказов, полученных через цифровые платформы; доля расчетов, проводимых через финансовые цифровые платформы; доля обмена данными с контрагентами, осуществляемого в цифровой форме; количество используемых предприятием цифровых платформ и сервисов. Этот компонент отражает не столько технологический уровень предприятия, сколько его интеграцию в сетевую структуру современной экономики.

Коэффициент экономической безопасности (K_4) представляет собой комплексную оценку защищенности когнитивного ядра и материальной базы предприятия от внутренних и внешних угроз. В его состав входят: уровень киберзащищенности информационных систем (оцениваемый по результатам аудита безопасности); степень технологической автономности (доля критического программного обеспечения, замещенного отечественными аналогами); уровень защищенности интеллектуальной собственности; устойчивость каналов связи и резервирование критических данных. Особое значение этот компонент приобретает в условиях санкционного давления, когда блокировка доступа к зарубежному ПО или облачным сервисам может мгновенно остановить производственный цикл [5].

Определение весовых коэффициентов (w_i) представляет из себя самостоятельную методическую задачу, поскольку когнитивная витальность и платформенная интеграция не отражаются в публичной отчетности и не восстанавливаются по формализованным источникам. В настоящем исследовании предложена трехэтапная процедура калибровки, обеспечивающая объективность, воспроизводимость результатов и снижающая влияние субъективных факторов на итоговую классификацию предприятия.

Первый этап — экспертная оценка. Формируется группа из 5–7 экспертов, удовлетворяющих квалификационным требованиям (руководители предприятий, специалисты по цифровизации, научные работники в области менеджмента, отраслевые консультанты). Каждый эксперт независимо заполняет матрицу попарных сравнений четырех компонент по шкале Т. Саати, оценивая относительную важность каждой пары компонентов для устойчивого развития МИП. Согласованность индивидуальных матриц проверяется отношением согласованности (порог — не более 0,1). Согласованность групповых оценок проверяется коэффициентом конкордации Кендалла (порог $W \geq 0{,}7$ $W \geq 0{,}7$, значимость — по критерию хи-квадрат при уровне значимости 0,05). При недостижении пороговых значений проводится дополнительный тур опроса либо из анализа исключаются аномальные оценки с обязательной фиксацией данного факта. По итогам этапа формируется первоначальный вектор весовых коэффициентов, отражающий согласованное мнение экспертной группы.

Второй этап — верификация на внутрифирменных ретроспективных данных. Экспертное решение проверяется на ретроспективном ряде из 12–20 квартальных наблюдений за 3–5 лет. Для каждого квартала рассчитываются значения четырех компонентов и интегрального индекса (с использованием весов, полученных на первом этапе). Затем вычисляются ранговые коэффициенты корреляции Спирмена между динамикой каждой компоненты и динамикой результирующего показателя. Веса корректируются пропорционально модулям значимых коэффициентов корреляции: компоненты, демонстрирующие более тесную связь с итоговым индексом, получают большее весовое значение. Ранговая статистика не требует нормальности распределения и корректна на малых выборках, тогда как множественная регрессия с четырьмя регрессорами при ограниченном числе наблюдений давала бы статистически недостоверные оценки.

Третий этап — анализ чувствительности. Для проверки устойчивости полученной классификации вес когнитивной компоненты варьируется от 0,25 до 0,50 с шагом 0,05 при пропорциональном перераспределении остальных весов, после чего для каждого варианта рассчитывается итоговое значение ИОЭВ и фиксируется уровень устойчивости предприятия. Устойчивость классификации к вариации весов (сохранение отнесения предприятия к тому же уровню при изменении весов в указанном диапазоне) подтверждает, что выводы не предопределены выбранной пропорцией и обладают достаточной надежностью.

Применение данной трехэтапной процедуры позволяет перевести определение весовых коэффициентов из разряда субъективного суждения в разряд методически корректного и проверяемого инструмента измерения. Это особенно важно в условиях, когда межфирменная выборка для статистической калибровки ограничена, а отдельные компоненты индекса не имеют прямых рыночных аналогов для сопоставления.

Практическая же реализация методики предполагает последовательное выполнение следующих шагов, образующих замкнутый управленческий цикл:

Шаг 1. Сбор исходных данных. Формируется информационная база по четырем группам показателей: данные кадрового учета и результаты тестирования цифровых компетенций; бухгалтерская и управленческая отчетность; данные о взаимодействии с цифровыми платформами; результаты аудита информационной безопасности и оценка уровня импортозамещения ПО.

Шаг 2. Оценка частных коэффициентов. Каждая группа исходных показателей нормируется к диапазону [0;1] и агрегируется в соответствующий коэффициент K_1–K_4. Нормирование выполняется с использованием метода линейного масштабирования относительно целевых (эталонных) значений, установленных на основе отраслевых бенчмарков и стратегических ориентиров предприятия.

Шаг 3. Расчет интегрального индекса. К полученным коэффициентам применяются весовые коэффициенты, и вычисляется итоговое значение ИОЭВ по приведенной выше формуле.

Шаг 4. Интерпретация результата. Полученное значение ИОЭВ сопоставляется с матрицей уровней устойчивости, что позволяет отнести предприятие к одному из четырех диагностических состояний.

Шаг 5. Определение приоритетных управленческих воздействий. На основе значения индекса и анализа его компонентной структуры формируются рекомендации по корректировке управленческих решений: от операционной стабилизации (при реактивном уровне) до стратегической экспансии в цифровые экосистемы (при синергетическом уровне).

Шаг 6. Повторная диагностика. После реализации корректирующих мероприятий цикл повторяется, что позволяет оценить эффективность принятых решений и при необходимости скорректировать траекторию развития.

Ключевым элементом диагностической методики выступает матрица интерпретации значений индекса (см. Таблица 1), которая переводит числовое значение в конкретное управленческое решение. Выделены четыре уровня устойчивости развития:

Таблица 1
Матрица интерпретации значений индекса витальности (IOEV)

Диапазон индекса витальности (*IOEV*)	Уровень устойчивости развития	Характеристика функционирования системы в цифровых ограничениях	Стратегический вектор управления
0,85 — 1,00	Синергетический (высокий)	Полная синхронизация когнитивных факторов и ИТ-базы	Экспансия в цифровые экосистемы и лидерство
0,60 — 0,84	Адаптивный (средний)	Способность удерживать темпы развития при флуктуациях	Форсированное импортозамещение и дообучение
0,40 — 0,59	Реактивный (порог риска)	Несоответствие конфигурации задачам цифровизации	Операционная стабилизация и аудит ресурсов
Ниже 0,40	Деструктивный (критический)	Разрушение материальной базы и когнитивный разрыв	Антикризисное управление и поиск инвесторов

3. Апробация методики на примере малого инновационного предприятия ООО «Прогресс»

Практическое применение матрицы может быть проиллюстрировано на примере диагностики малого инновационного предприятия ООО «Прогресс» находящегося в сфере биотехнологий и цифровизации растениеводства. По итогам 2024 г интегральный индекса для данного предприятия составил значение IOEV = 0,46. Сопоставление этого результата с матрицей классификации позволяет отнести ООО «Прогресс» к реактивному уровню устойчивости. Это означает, что конфигурация предприятия — соотношение когнитивных, ресурсных, платформенных и защитных подсистем — не соответствует задачам цифровой трансформации. Диагностика выявляет структурные рассогласования: при наличии материальной базы и оборудования наблюдается дефицит цифровых компетенций персонала ($K_1 = 0,50$), недостаточная глубина платформенной интеграции ($K_3 = 0,40$) и слабый контур экономической безопасности ($K_4 = 0,45$).

Полученное числовое значение само по себе малоинформативно для руководителя. Однако отнесение предприятия к реактивному уровню задает четкий стратегический вектор управления: первоочередная операционная стабилизация и аудит ресурсов, а не масштабные инвестиции в новое оборудование или расширение рыночного присутствия. Для малого инновационного предприятия ООО «Прогресс» это означает необходимость декомпозиции структуры затрат, выявления операций с наибольшими потерями и приоритетного развития когнитивной составляющей — повышения цифровых компетенций персонала.

Прогнозная оценка, выполненная на основе дорожной карты цифровой трансформации, показывает, что реализация запланированных мероприятий в течение трех лет позволяет повысить интегральный индекс до IOEV = 0,73. Сопоставление этого прогнозного значения с матрицей классификации фиксирует переход предприятия на адаптивный уровень устойчивости. В отличие от реактивного состояния, адаптивный уровень означает, что предприятие сохраняет способность удерживать темпы развития при внешних флуктуациях, а внешние шоки компенсируются собственными силами без сворачивания инновационной программы. Стратегический вектор управления смещается от стабилизации к форсированному импортозамещению и дообучению персонала.

Таким образом, один и тот же инструмент — ИОЭВ и сопряженная с ним матрица интерпретации позволяет не только классифицировать текущее состояние предприятия, но и задавать вектор его развития. Содержательно переход характеризуется приростом индекса на 0,27 пункта, причем ведущий вклад в этот прирост (около 44%) обеспечивает когнитивная компонента K_1, что подтверждает теоретическое положение о приоритете когнитивных факторов производства для предприятий ресурсно-избыточного типа.

ИОЭВ выступает, таким образом, не только измерителем, но и диагностическим инструментом, связывающим оценку текущего состояния с выбором конкретных направлений управленческого воздействия. Значение индекса не просто фиксирует состояние, а задает соответствующий стратегический вектор управления, что обеспечивает инструментальную применимость методики для руководителей предприятий и органов поддержки.

4. Ограничения методики и направления дальнейших исследований

Несмотря на практическую применимость разработанного Индекса организационно-экономической витальности, его использование сопряжено с рядом ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов и тиражировании методики на другие предприятия:

Информационная база расчета. Для вычисления ИОЭВ требуются качественные внутренние данные предприятия, которые не всегда доступны в публичной отчетности.

Субъективность части оценок. Оценка цифровых компетенций персонала, лежащая в основе K_1, содержит элемент субъективности, поскольку базируется на результатах тестирований и экспертных заключениях. Для минимизации данного эффекта следует использовать упомянутую ранее трехуровневую с четкими критериями отнесения к каждому уровню, а также необходимо проводить тестирования по стандартизированным методикам. Тем не менее, полностью исключить влияние человеческого фактора при оценке компетенций не представляется возможным.

Динамический характер весов. Предложенная процедура калибровки весовых коэффициентов предполагает их регулярную актуализацию, поскольку относительная значимость компонентов может изменяться в зависимости от стадии технологического цикла и внешних условий. В диссертации подчеркивается, что весовые коэффициенты являются динамическими и корректируются в зависимости от стадии технологического цикла. Это требует от предприятия проведения повторной калибровки не реже одного раза в два-три года, что увеличивает трудоемкость применения методики.

Отсутствие отраслевых нормативов. На текущий момент отсутствуют утвержденные отраслевые бенчмарки для компонентов ИОЭВ, что затрудняет сравнительный анализ между предприятиями одной отрасли. Нормирование показателей в рамках K_2 и K_3 осуществляется на основе внутрифирменных ретроспективных данных и стратегических ориентиров самого предприятия, что обеспечивает корректность динамической диагностики, но ограничивает возможность межфирменных сопоставлений.

Необходимость адаптации к масштабу предприятия. Методика ориентирована на малые инновационные предприятия, для которых характерны ограниченность ресурсов, сжатый управленческий аппарат и высокая гибкость. Распространение индекса на предприятия иного масштаба (средние или крупные компании) потребовало бы пересмотра как состава компонентов, так и их весовых коэффициентов, поскольку структура рисков и факторов устойчивости для таких предприятий существенно отличается.

Дальнейшие исследования по данной методике должны быть направлены на расширение эмпирической базы, разработку отраслевых нормативов и стандартизацию процедур оценки когнитивных компетенций с целью повышения надежности и сопоставимости результатов.

Заключение

Проведенное исследование показало, что оценка устойчивости малых инновационных предприятий в условиях цифровой трансформации требует более комплексного подхода, чем анализ исключительно финансовых результатов. Для таких предприятий принципиальное значение имеют способность персонала осваивать новые технологии, достаточность ресурсов для инновационного развития, характер взаимодействия с цифровыми платформами и защищенность ключевых активов.

Предложенный Индекс организационно-экономической витальности позволяет рассматривать устойчивость как динамическое состояние, зависящее от согласованности основных подсистем предприятия. Апробация методики показала ее способность выявлять проблемные зоны и связывать результаты диагностики с конкретными направлениями управленческих воздействий. При этом дальнейшее совершенствование индекса связано с расширением эмпирической базы, разработкой отраслевых ориентиров и повышением объективности оценки отдельных показателей.

Таким образом, ИОЭВ может рассматриваться как перспективный инструмент поддержки управленческих решений, позволяющий не только оценивать текущее состояние малого инновационного предприятия, но и своевременно определять направления его адаптации и дальнейшего развития в изменяющейся цифровой среде.

Литература

1. Горлачева, Е. Н. Когнитивные факторы производства: постановка проблемы исследования / Е. Н. Горлачева // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2018. – № 2. – С. 35-50. – DOI 10.18384/2310-6646-2018-2-35-50. – EDN XUWMQH.
2. Горлачева, Е. Н. Методология управления когнитивными факторами производства высокотехнологичных предприятий / Е. Н. Горлачева, Е. М. Иванникова // Экономика науки. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 203-214. – DOI 10.22394/2410-132X-2019-5-3-203-214. – EDN DSVARK.
3. Кочетов, Р. Л. Трансформация инновационных компаний в цифровую эпоху / Р. Л. Кочетов // Организатор производства. – 2021. – Т. 29, № 2. – С. 7-12. – DOI 10.36622/VSTU.2021.39.79.001. – EDN ZXUMBT.
4. Мочалова, Я. В. Повышение инновационной активности российских промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации / Я. В. Мочалова, И. В. Чистникова, М. В. Чуб, В. В. Батманова // Региональная экономика. Юг России. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 91-102. – DOI 10.15688/re.volsu.2024.2.8. – EDN AYMYPE.
5. Попов, Е. В. Эволюция цифровых платформ инновационной деятельности / Е. В. Попов, В. Л. Симонова, А. Д. Тихонова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2022. – № 4. – С. 117-130. – DOI 10.15593/2224-9354/2022.4.9. – EDN NGIWXD.
6. Ступникова, Е. А. Разработка механизма обеспечения устойчивого развития субъектов малого предпринимательства в условиях цифровой трансформации экономики / Е. А. Ступникова // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № S1. – EDN MPRFPT.

The Organizational and Economic Vitality Index as a Tool for Diagnosing the Sustainability of Small Innovative Enterprises under Digital Transformation

Yang Chendong

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article focuses on the development and substantiation of the Organizational and Economic Vitality Index (OEVI) as a tool for assessing the sustainability of small innovative enterprises under the conditions of digital transformation of the economy. The study substantiates the need to move beyond a predominantly financial approach to sustainability assessment toward a comprehensive diagnostic framework that accounts for the interrelationship between the cognitive, resource, platform-related, and protective characteristics of an enterprise. A methodology for constructing an integral index is proposed, including the normalization of individual indicators, the determination of weighting coefficients based on expert assessment, retrospective verification, and sensitivity analysis. An interpretation matrix for OEVI values is developed to link diagnostic results with appropriate managerial decisions. The methodology is practically tested using the example of the small innovative enterprise Progress LLC, for which a reactive level of sustainability was identified and priority areas for development were determined. The study demonstrates that OEVI can be used not only to assess the current state of an enterprise but also to establish development guidelines for adapting to technological, resource, and digital constraints. The main limitations of the methodology and directions for its further improvement are identified.

Keywords: small innovative enterprises, digital transformation, organizational and economic sustainability, Organizational and Economic Vitality Index, cognitive factors of production, sustainability diagnostics.

References

1. Gorlacheva, E. N. Cognitive factors of production: setting the research problem / E. N. Gorlacheva // Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics. – 2018. – No. 2. – P. 35-50. – DOI 10.18384/2310-6646-2018-2-35-50. – EDN XUWMQH.
2. Gorlacheva, E. N. Methodology for managing cognitive factors of production in high-tech enterprises / E. N. Gorlacheva, E. M. Ivannikova // Economics of Science. – 2019. – Vol. 5, No. 3. – P. 203-214. – DOI 10.22394/2410-132X-2019-5-3-203-214. – EDN DSVARK.
3. Kochetov, R. L. Transformation of innovative companies in the digital era / R. L. Kochetov // Organizer of Production. – 2021. – Vol. 29, No. 2. – P. 7-12. – DOI 10.36622/VSTU.2021.39.79.001. – EDN ZXUMBT.
4. Mochalova, Ya. V. Increasing the innovation activity of Russian industrial enterprises in the context of digital transformation / Ya. V. Mochalova, I. V. Chistnikova, M. V. Chub, V. V. Batmanova // Regional Economics. South of Russia. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 91-102. – DOI 10.15688/re.volsu.2024.2.8. – EDN AYMYPE.
5. Popov, E. V. Evolution of digital platforms for innovation activity / E. V. Popov, V. L. Simonova, A. D. Tikhonova // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Socio-Economic Sciences. – 2022. – No. 4. – P. 117-130. – DOI 10.15593/2224-9354/2022.4.9. – EDN NGIWXD.
6. Stupnikova, E. A. Development of a mechanism for ensuring sustainable development of small business entities in the context of digital transformation of the economy / E. A. Stupnikova // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17, No. S1. – EDN MPRFPT.

От обнаружения процессов к бизнес-ценности: методология корпоративной процессной трансформации

Ярошенко Кирилл Юрьевич
University of Michigan, BS in Mathematics and Economics, MBA General, yakirill@umuch.edu

Обнаружение процессных неэффективностей стало рутинной компетенцией крупных предприятий, однако систематическое преобразование полученных знаний в измеримую и атрибутируемую бизнес-ценность остается нерешенной задачей: значительная часть инициатив останавливается на этапе анализа, рекомендаций или развертывания. В статье предлагается процессно-ценностная методология из восьми стадий с замкнутым контуром обратной связи и четыре инструмента: показатель возможности трансформации (ПВТ) для взвешенной приоритизации, ценностная гипотеза, фиксируемая до внедрения, различение внедрения и принятия и цепочка ценностной атрибуции, задающая требования к доказательствам на каждом переходе от выявленного знания к реализованной выгоде. Применение показано на иллюстративном примере обработки счетов.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, процессная трансформация, интеллектуальный анализ процессов, приоритизация, ценностная гипотеза, принятие изменений, реализация выгод, цепочка ценностной атрибуции.

1. Введение: проблема разрыва между обнаружением и ценностью

Крупное предприятие сегодня редко испытывает дефицит информации о собственных процессах: журналы событий корпоративных систем, регламенты и интервью дают детальную картину фактического выполнения работ, а интеллектуальный анализ процессов делает видимыми отклонения, узкие места и варианты выполнения [1; 2]. Методическая проблема обнаружения во многом решена; управленческая проблема — что делать с обнаруженным — решена в значительно меньшей степени.

Идея глубокой перестройки процессов на основе информационных технологий была сформулирована как управленческая повестка в начале 1990-х годов [3]. Результаты трех десятилетий скромнее возможностей: по данным глобального опроса, лишь 16% респондентов сообщили об успешном улучшении показателей цифровых трансформаций [4]; по оценке консалтинговой компании Boston Consulting Group, около 30% трансформаций полностью достигают заявленных целей [5]. Распространенное утверждение о провале 70% программ изменений эмпирически слабо обосновано [6], но даже с этой поправкой вывод устойчив: значительная часть инициатив не дает заявленной ценности.

У разрыва есть исторический аналог: «парадокс производительности» информационных технологий, когда эффект инвестиций рассеивался в организационных и измерительных проблемах [7]. Процессная трансформация воспроизводит ту же структуру, смещенную на один шаг: обнаружение поставлено хорошо, а рассеяние начинается после него — инициатива останавливается на презентации, исполнители работают по-старому, а связь улучшившихся показателей с финансовым результатом никто не показывает.

Причины разрыва структурны: аналитическая функция отделена от владения результатом, гипотеза ценности формулируется задним числом, отчетность не различает внедрение и принятие, атрибуция подменяется корреляцией во времени. Центральный вопрос статьи: как предприятиям систематически преобразовывать полученные знания о процессах в измеримую и атрибутируемую бизнес-ценность? Разовые успехи случаются и без методологии; воспроизводимая конвертация требует последовательности стадий, явных критериев решений и заранее установленных требований к доказательствам.

2. Процессно-ценностная методология

Методология описывает полный цикл от выявленного знания до ценности и состоит из восьми стадий: обнаружить (восстановить фактический процесс и зафиксировать базовый уровень производительности), диагностировать (отделить симптомы от корневых причин и классифицировать их по категориям «люди, процесс, технологии, данные, управление»), приоритизировать (сравнить возможности по явному взвешенному критерию), перепроектировать (выбрать тип вмешательства и сформулировать ценностную гипотезу), внедрить (развернуть изменение технически и организационно), принять (добиться фактического исполнения нового процесса и измерить принятие отдельно от развертывания), измерить (сравнить производительность с базовым уровнем с контролем внешних факторов) и реализовать ценность (атрибутировать улучшение и добиться признания выгоды).

Ключевой тезис: трансформация заканчивается демонстрацией ценности, а развернутой системой или улучшившимся показателем. Контур замкнут: результаты измерения и атрибуции возвращаются на вход стадии обнаружения в виде обновленных базовых уровней и повестки следующей волны изменений; проектная команда отвечает за внедрение, владелец процесса — за результат начиная со стадии принятия.

Методология опирается на устоявшиеся традиции: жизненный цикл и методы управления бизнес-процессами [2], шесть ключевых элементов этого управления как рамку зрелости [8], требование идентифицировать выгоды до инвестиций и управлять их получением [9], модель пути эффекта от технологии через процессы к организационной производительности [10]. Вклад автора — связывание этих традиций в один управленческий контур и четыре инструмента: восьмистадийная последовательность с замкнутым контуром; показатель возможности трансформации (ПВТ); ценностная гипотеза, фиксируемая до внедрения; цепочка ценностной атрибуции с требованиями к доказательствам на каждом переходе.

Рисунок 1 показывает восемь стадий и контур обратной связи; именно стрелки возврата делают последовательность циклом, а не разовым проектом.

От классических жизненных циклов управления процессами методологию отличает акцент: завершающей стадией признается реализованная и признанная выгода, а каждое продвижение между стадиями сопровождается фиксированным набором свидетельств. Адресат — руководитель, отвечающий за результат трансформации.

Применение предполагает две предпосылки: назначенных владельцев процессов с правами принятия решений и дисциплину данных — воспроизводимые базовые уровни и неизменные в течение цикла определения метрик. Разделы 3–10 описывают стадии, раздел 11 собирает доказательную цепочку, раздел 12 демонстрирует применение на примере.



Рисунок 1. Процессно-ценностный фреймворк (Process-to-Value Framework)

Рисунок 1. Процессно-ценностная методология с замкнутым контуром обратной связи

3. Обнаружить: процесс, который существует на самом деле

Источники стадии делятся на три группы: данные о выполнении (журналы событий, из которых интеллектуальный анализ процессов восстанавливает модели, варианты и время), операционная аналитика (объемы, очереди, загрузка, стоимость) и знания людей (интервью, регламенты). Группы дополняют друг друга: журналы показывают структуру и время, интервью объясняют обходные пути, документы фиксируют предполагаемую логику.

Расхождение между документированным и фактическим процессом — рабочее состояние зрелой организации: формально единый процесс закупки в трех подразделениях на практике часто оказывается тремя разными процессами, и трансформировать воображаемый процесс бессмысленно. Для каждой метрики фиксируются источник, период, совокупность экземпляров и метод расчета; без этого сравнение «до/после» теряет достоверность.

Результат стадии — базовый уровень исходного состояния: активности, исполнители, системы, карта вариантов с частотами, время цикла и ожиданий, стоимость транзакции, доля ошибок и доработок, результат для клиента и регулятора. Главный тезис: трансформации подлежит процесс, зафиксированный в данных, а не в предположениях.

4. Диагностировать: отличать проблемы производительности от корневых причин

Типовая ситуация: согласование договора занимает 14 дней, и это симптом с разными причинами: лишние согласующие, дублирование проверок, ручной перенос данных, размытая ответственность, устаревшие пороги, требования регулятора. Лечение симптома — напоминания и эскалации — при неверном диагнозе перемещает очередь к следующему узкому месту. Диагностика начинается с декомпозиции: 6,5 дня — ожидание второго согласования, 3,1 — ручной перенос данных, 2,4 — очередь подписанта, 2,0 — проверка содержания; почти половина симптома порождается одним шагом.

Стадия классифицирует корневые причины по пяти категориям: люди (навыки, стимулы), процесс (лишние шаги, порядок), технологии (фрагментированные системы), данные (несогласованные справочники), управление (неясные права решения, устаревшая политика). Категории связаны: несогласованные данные порождают ручную сверку и лишний штат, поэтому классификация завершается вопросом о первичности — какая причина порождает остальные. Рабочий формат — таблица причин с колонками «категория, свидетельство, вклад, критерий проверки»; практически диагностика укладывается в одну-две сессии с владельцем процесса, аналитиком и исполнителями преобладающих вариантов, и после второй итерации список причин стабилизируется.

Причина включается в короткий список, если ее вклад в симптом измерим, а устранение осуществимо; дополнительная точность диагноза оплачивается временем анализа и в большинстве процессов не окупается.

5. Приоритизировать: что действительно нужно трансформировать

Самая болезненная проблема редко совпадает с лучшей возможностью: боль показывает, где организация теряет, возможность — где она способна выиграть при ограничениях капитала, внимания руководства, технологических ресурсов и способности усваивать изменения. Портфель, собранный без учета ограничителей, перегружает исполнение, а без явного критерия выбор определяется настойчивостью внутренних заказчиков.

Критерий предлагаем следующий: показатель возможности трансформации (ПВТ) — взвешенная сумма пяти размерностей:

$ПВТ = w_1 \cdot V + w_2 \cdot S + w_3 \cdot F + w_4 \cdot A + w_5 \cdot M$, при $\Sigma w_i = 1$

где V — потенциал ценности, S — серьезность проблемы, F — осуществимость, A — вероятность принятия, M — уверенность в измеримости; каждая размерность оценивается по шкале 1–5 с опорными определениями — например, для V от эффекта в одном подразделении до влияния на операционную прибыль.

Базовые веса: V = 0,30; S = 0,20; F = 0,20; A = 0,20; M = 0,10. Разделение F и A принципиально: осуществимость описывает мир артефактов, принятие — мир людей со стимулами и статусами; проект бывает технически тривиальным и социально безнадежным. Веса кодируют приоритеты организации: профиль «снижение затрат и нормативное соответствие» (V = 0,25; S = 0,30; F = 0,15; A = 0,10; M = 0,20) усиливает серьезность и проверяемость; профиль «стратегический рост» (V = 0,40; S = 0,10; F = 0,15; A = 0,25; M = 0,10) — ценность и принятие. Выбор профиля утверждается руководством: перевод стратегии в показатели — функция систем измерения эффективности [11], а инвестиционная логика устойчивее одиночного бизнес-обоснования [12].

Таблица 1 показывает сравнение пяти типовых возможностей при базовых весах (иллюстративные данные).

Таблица 1
Приоритизация пяти возможностей по ПВТ при базовых весах (иллюстративные данные)

Возможность	V	S	F	A	M	ПВТ	Ранг
Обработка счетов	5	4	4	3	5	4,2	1
Поддержка клиентов первого уровня	4	3	4	4	3	3,7	2
Согласование договоров	4	4	3	3	4	3,6	3
Адаптация новых сотрудников	3	3	4	4	4	3,5	4
Регуляторная отчетность	3	4	2	3	5	3,2	5

Обработка счетов удерживает первое место во всех трех профилях — решение устойчиво к выбору весов; порядок остальных возможностей меняется, и в этом состоит работа весов: одна фактура порождает разные портфели под разные стратегии.

Требования к применимости прагматичны: оценки прозрачны и групповые (независимые оценки нескольких экспертов согласуются на сессии), решение проходит проверку чувствительности пересчетом при альтернативных весах.

6. Перепроектировать: выбрать правильный тип вмешательства

Корневая причина определяет тип вмешательства, и ошибка типа обходится дорого: автоматизация плохо спроектированного процесса ускоряет производство его дефектов [3]. Репертуар владельца процесса — семь типов: устранить шаг, не создающий ценности; упростить перегруженный шаг; стандартизировать необоснованные варианты; автоматизировать стабильные правила-основанные операции; дополнить суждение средствами анализа; перераспределить исполнителя или момент; контролировать отклонения.

Типы связаны с категориями причин достаточно устойчиво: «люди» — перераспределение и дополнение, «процесс» — устранение и упрощение, «технологии» — автоматизация, «данные» — стандартизация справочников, «управление» — изменение прав решения. Заявленный тип без соответствующей категории причины — сигнал ошибки перепроектирования. Коммерческая устойчивость роботизированной автоматизации требует управленческой инфраструктуры [13], а дополнение решению средствами искусственного интеллекта разделяется на автоматизацию рутины и усиление суждения [14], порождая парадокс: по мере автоматизации рутины остаточные человеческие задачи усложняются [15]. Для клиентских процессов подобное усиление документировано на примере интеллектуальных систем управления взаимоотношениями с клиентами [16].

Последовательность применения имеет значение: стандартизация предшествует автоматизации — робот, обученный трем вариантам процесса, закрепляет вариантность; устранение ввода из документов (распознавание и интеграция со справочниками) дороже на старте и дешевле в эксплуатации, чем автоматизация перепечатывания.

7. Сформулировать ценностную гипотезу

До начала внедрения фиксируется цепочка: «Если вмешательство X изменит поведение процесса Y, метрика Z должна измениться на N, что даст бизнес-результат V». Традиция управления выгодами требует идентифицировать выгоды до инвестиций и управлять их получением [9]; ценностная гипотеза операционализирует ее для одного процесса: один механизм, одна метрика, один результат.

Пример. Согласование стандартного договора занимает 72 часа при 1 800 договорах в год; 19 часов ожидания приходится на дублирующее согласование и 5 — на ручной перенос данных. Гипотеза: если удалить дублирующее согласование ниже порога риска и заменить перенос интеграцией (X), время цикла сократится с 72 до 48 часов (N = −33%), высвободится около 1 600 трудочасов в год; при полной стоимости часа $38 оценочная годовая ценность — около $62 000 (V). Каждая величина прослеживается к данным базового уровня или к записанному допущению.

Гипотеза фиксируется документом с базовым уровнем, периодом, совокупностью, методом расчета и владельцем — будущим получателем выгоды. Записанная заранее величина делает гипотезу проверяемой и фальсифицируемой: если метрика не двинулась при подтвержденном принятии — ошибочна модель вмешательства, если двинулась без принятия — эффект принадлежит внешним факторам.

Типовые ошибки формулирования воспроизводятся из проекта в проект: непроверяемая метрика («улучшить качество работы с клиентами»), отсутствующая модель перевода часов в деньги, смешение нескольких механизмов в одной гипотезе, при котором вклады неразделимы. Реестр гипотез портфеля

синхронизируется с бюджетным календарем: проверка гипотез, выгода которых заявлена в текущем году, завершается до формирования бюджета следующего.

8. Внедрение против принятия

Внедрение — техническое и организационное развертывание; принятие — фактическое исполнение нового процесса в операциях. Проект бывает внедрен безупречно и провален операционно: система работает, а транзакции идут по старой схеме через «временные» таблицы. Типовая ошибка отчетности — подмена доли обученных за долю работающих по-новому; обходные пути распознаются по данным — аномальные паузы, документы задним числом, параллельная работа в старых системах.

Метрики двух событий принципиально различны: внедрение измеряется фактами развертывания, принятие — долей транзакций по новому маршруту, долей сотрудников, следующих процессу, и частотой обходных путей; пороги задаются заранее — например, 80% транзакций через новый маршрут к третьему месяцу. За принятие отвечает владелец процесса, за внедрение — проектная команда.

Принятие заслуживает собственной теории: использование информационных технологий объясняется ожидаемой результативностью, усилиями, социальным влиянием и облегчающими условиями [17]; инициативы, соединяющие технологии с организационным изменением, требуют управления гибридного типа [18], а классические причины провала — срочность, коалиция, видение [19]. Без подтвержденного принятия претензия на ценность лишается среднего звена, поэтому принятие измеряется до измерения производительности, а проектная команда не расформируется до его подтверждения.

9. Измерить: изменилась ли производительность на самом деле

Метрики группируются четырьмя семействами: время (цикл, ожидание, пропускная способность), стоимость (стоимость транзакции, трудочасы, оборотный капитал), качество (ошибки, доработки, доля без доработок), соблюдение требований и опыт (соглашения об уровне обслуживания, отклонения, удовлетворенность клиентов). Один процесс оценивается всеми семействами одновременно: выигрыш во времени, оплаченный ростом ошибок, ценностью не считается.

Дисциплина сравнения требует пяти фиксаций: базовый уровень, результат, период, затронутая совокупность и внешние факторы. Определения метрик замораживаются до запуска: формула, источник и обработка выбросов фиксируются документом, а сравнение «до/после» считается одним и тем же запросом к разным периодам; баланс финансовых и операционных показателей задается системами измерения эффективности [11]. Логика «до/после» уязвима к эффектам истории, регрессии к среднему и изменению состава совокупности; практическая защита — контрольная группа, ступенчатое внедрение, сравнение с прогнозом сезонной модели.

Правило стадии: улучшение публикуется с периодом и совокупностью в заголовке — «цикл 5,9 дня, шесть месяцев, 42 000 счетов»; свидетельства, не отвечающие на вопрос о внешних факторах, к атрибуции не допускаются.

10. Реализовать ценность: три уровня

Улучшение метрики и получение ценности — события одного рода только на первый взгляд. Наблюдаемая ценность: метрика улучшилась относительно базового уровня. Атрибутируемая: есть разумные доказательства, что улучшение вызвано вмешательством — принятие подтверждено, внешние факторы учтены, механизм наблюдается в данных. Реализованная: выгода получена и признана — экономия закреплена в бюджете, риск закрыт контролем. Каждый следующий уровень требует доказательств сверх предыдущего.

Механика перехода — модель перевода: сокращение цикла на 30% дает 4 200 высвобожденных трудочасов в год; при полной стоимости часа $75 это $315 000 экономии. Переходов два — из изменения метрики в ресурсные единицы и из единиц в деньги; коэффициенты перевода (ставки, тарифы пеней, стоимость капитала) согласуются с финансовой службой заранее. Сопоставимая логика применяется при оценке эффективности внедрения интеллектуальных систем в клиентских сервисах [20]. Для каждой выгоды ведется тройная запись: прогноз гипотезы, заявка после измерения, факт после бюджетного цикла.

Заявление о ценности допускается на уровне, подтвержденном доказательствами; смешение уровней порождает инфляцию успехов, при которой портфель выглядит прибыльным, а бюджет не находит денег. Методология обязана работать и с отрицательным результатом: неизменившаяся метрика при подтвержденном принятии фиксируется с разбором модели вмешательства, поскольку развертывание и движение показателей сами по себе ценность не обосновывают: эффект рассеивается на переходах цепочки «технология — процесс — производительность» [10], проявляется с запаздыванием [21], а часть выгод оценивается только портфельной логикой [12].

11. Цепочка ценностной атрибуции

Четыре инструмента сходятся в один механизм — цепочку ценностной атрибуции: знание о процессе → вмешательство → принятие → изменение производительности → бизнес-результат → реализованная ценность. Цепочка отвечает на вопрос: может ли организация разумно показать, как обнаруженная проблема процесса дала измеримую бизнес-ценность? Каждый переход требует собственного доказательства: протокол диагностики и приоритизации; метрики принятия; сравнение «до/после» с контролем внешних факторов; модель перевода с допущениями; признание владельцем бюджета и атрибутивная корректировка, снимающая претензии на эффекты объема и сезонности.

На примере согласования договоров: протокол диагностики с декомпозицией цикла → решение об устранении с зафиксированным ПВТ → журналы маршрутизации → сравнение 72/48 часов с сезонным контролем → модель перевода часов в деньги → бюджетное признание; утверждение «согласование стало быстрее на треть, и это дало около $62 000 в год» становится проверяемым звено за звеном. Требования к доказательствам обеспечивают аудируемость, а оборванная цепочка служит диагнозом: неподтвержденный переход к принятию указывает на управление изменением, неподтвержденный перевод в деньги — на признание и финансовую модель.

В управлении портфелем цепочка работает как статусная шкала: каждая инициатива показывает позицию разрыва, и ресурсы направляются на починку конкретного звена. Внутренний аудит получает проверяемую процедуру, бюджетный процесс — основание для распределения средств; для небольших инициатив допустим сокращенный контур — гипотеза, одно измерение, признание.

12. Практическое применение: иллюстративный пример

Пример композитный и анонимизированный; все данные иллюстративны. Компания — производитель промышленного оборудования; процесс — обработка входящих счетов, около 42 000 в год; куратор — финансовый директор. Решения и находки по стадиям сведены в таблицу 2.

Обнаружение зафиксировало базовый уровень: цикл 11,2 дня; 23 варианта процесса; бесконтактная обработка 12% счетов; 8,4% счетов с доработками; ожидание сконцентрировано в согласованиях (7,4 дня из 11,2). Диагностика подтвердила три корневые причины из категорий управления, технологий и данных: дублирующее согласование над устаревшим порогом, ручной ввод из счетов, три несогласованных реестра поставщиков. Приоритизация дала ПВТ 4,2 — первый ранг из пяти возможностей, устойчивый во всех профилях весов (см. таблицу 1).

Перепроектирование собрало портфель: устранить дубль согласования, стандартизировать единый реестр, автоматизировать распознавание и бесконтактный маршрут, контролировать сроки с автоматическими эскалациями; гипотеза зафиксирована до внедрения — цикл до 6,0 дней, бесконтактная обработка до 35%, оценочная ценность около $400 000. После двух пилотных месяцев и поэтапного охвата принятие составило 90% транзакций в новом процессе при 4% обходных путей. Измерение через шесть месяцев: цикл 5,9 дня, бесконтактная обработка 41%, вариантов 7; доля счетов без доработок не изменилась (91,6%) — источник доработок остался вне рамок первой волны. Перевод по модели: около 6 400 трудочасов в год ($238 000), минус $60 000 пеней, плюс $95 000 ранних скидок — валовая оценка около $393 000; после атрибутивной корректировки 0,7 реализованная ценность — около $275 000 в год, закрепленных в бюджете. Остаточная проблема передана на вход следующего цикла обнаружения.

Таблица 2

Иллюстративный пример: решения и находки по стадиям

Стадия	Решение или находка
Обнаружить	Цикл 11,2 дня; 23 варианта; бесконтактная обработка 12%; 8,4% счетов с доработками
Диагностировать	Дублирующее согласование; ручной ввод из документов; три несогласованных реестра
Приоритизировать	ПВТ 4,2; ранг 1 из 5; устойчивость во всех профилях весов
Перепроектировать	Устранить дубль; единый реестр; распознавание и бесконтактная обработка; контроль сроков
Внедрить	Два пилотных месяца; поэтапный охват категорий поставщиков
Принять	90% транзакций в новом процессе; 4% обходных путей через 3 месяца
Измерить	Цикл 5,9 дня; бесконтактная обработка 41%; 7 вариантов; доля без доработок без изменения
Реализовать ценность	Около $275 000 в год после атрибутивной корректировки 0,7

Пример демонстрирует три свойства методологии: последовательность принудительна (нет перехода к измерению без базового уровня, к заявлению ценности — без метрик принятия), доказательства экономятся (корректировка честно снижает заявку), контур замыкается на факте (неизменившаяся метрика порождает следующую волну).

Три практических урока следуют из примера: пилот окупается уточнением допущений и ранними метриками принятия; сообщение о судьбе высвобожденного времени влияет на принятие сильнее качества обучения; неизменившаяся метрика полезнее замалчиваемой.

13. Обсуждение и ограничения

Условия применимости проговариваются явно. Данные о процессе неполны: журналы не видят согласований вне систем, интервью смещены памятью и заинтересованностью. Каузальная атрибуция в корпоративной среде редко допускает эксперимент, поэтому атрибутивная корректировка остается суждением; внешние шоки двигают метрики сильнее грамотного вмешательства. Дисциплина методологии — реестры, протоколы, замороженные определения метрик — имеет накладной характер, и для мелких инициатив оправдан сокращенный контур.

Эффект инвестиций проявляется с запаздыванием, пока накапливаются нематериальные комплементы [21], поэтому требование немедленной финансовой отдачи искажает оценку. Сопротивление организации воспроизводит классические причины провала изменений [19], а приживаемость новых процедур определяется культурой организации. Не всякая выгода монетизируется: целостная оценка складывается из финансовой, операционной, клиентской составляющих, снижения рисков и стратегических опций [11; 12]. Методология — синтез практического опыта и литературы, статистической валидации она не проходила: оценки ПВТ остаются экспертными суждениями, а веса отражают приоритеты конкретной организации. Программа проверок включает валидацию весов на исторических портфелях, устойчивость групповых оценок к составу экспертов и связь метрик принятия с финансовым результатом.

14. Заключение

Ответ на вопрос статьи: предприятия преобразуют полученные знания о процессах в измеримую и атрибутируемую ценность последовательностью из восьми стадий с явными требованиями к доказательствам — обнаружить, диагностировать, приоритизировать, перепроектировать, внедрить, принять, измерить, реализовать ценность. Обнаружение само по себе ценности не создает: она возникает, когда организация связывает знание с вмешательством, вмешательство с принятием, принятие с измеримым изменением, изменение с бизнес-результатом и результат с признанной выгодой — и делает каждое звено проверяемым. Критерий зрелости процессной программы: доля инициатив портфеля, закрытых на уровне реализованной ценности.

Вклад статьи — четыре инструмента: методология задает последовательность и замкнутый контур; ПВТ переводит приоритеты в явный критерий выбора; ценностная гипотеза делает ожидание проверяемым; цепочка атрибуции локализует разрыв. Практические ходы: выбирать портфель по явному критерию с утвержденными весами, фиксировать гипотезы до старта внедрения, разделять отчетность внедрения, принятия и ценности.

Дисциплина дешевле ресурсов: фиксация гипотез, раздельный учет внедрения и принятия, консервативная атрибуция и бюджетное признание требуют последовательности, а не крупных инвестиций. Замыкание контура превращает трансформацию из серии кампаний в управляемую последовательность волн — и со временем удешевляет ее: ценность заявляется по факту признания и пересматривается по факту измерения.

Литература

1. Van der Aalst W. M. P. Process Mining: Data Science in Action. – 2nd ed. – Berlin : Springer, 2016. – 468 p.
2. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management. – 2nd ed. – Berlin : Springer, 2018. – 535 p.
3. Hammer M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate // Harvard Business Review. – 1990. – Vol. 68, № 4. – P. 104–112.
4. McKinsey & Company. Unlocking Success in Digital Transformations : McKinsey Global Survey. – 2018. – URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations (дата обращения: 07.09.2026).
5. Boston Consulting Group. Flipping the Odds of Digital Transformation Success. – Boston : BCG, 2020. – URL: https://www.bcg.com/publications/2020/increasing-odds-of-success-in-digital-transformation (дата обращения: 07.09.2026).
6. Hughes M. Do 70 Per Cent of All Organizational Change Initiatives Really Fail? // Journal of Change Management. – 2011. – Vol. 11, № 4. – P. 451–464.
7. Brynjolfsson E. The Productivity Paradox of Information Technology // Communications of the ACM. – 1993. – Vol. 36, № 12. – P. 66–77.
8. Rosemann M., Vom Brocke J. The Six Core Elements of Business Process Management // Handbook on Business Process Management 1. – 2nd ed. – Berlin : Springer, 2015. – P. 105–121.
9. Thorp J. The Information Paradox: Realizing the Business Benefits of Information Technology. – Rev. ed. – Toronto : Fujitsu Consulting, 2003.
10. Melville N., Kraemer K., Gurbaxani V. Review: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value // MIS Quarterly. – 2004. – Vol. 28, № 2. – P. 283–322.
11. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70, № 1. – P. 71–79.
12. Ross J. W., Beath C. M. Beyond the Business Case: New Approaches to IT Investment // MIT Sloan Management Review. – 2002. – Vol. 43, № 2. – P. 51–59.
13. Asatiani A., Penttinen E. Turning Robotic Process Automation into Commercial Success: Case OpusCapita // Journal of Information Technology Teaching Cases. – 2016. – Vol. 6, № 2. – P. 67–74.
14. Davenport T. H., Ronanki R. Artificial Intelligence for the Real World // Harvard Business Review. – 2018. – Vol. 96, № 1. – P. 108–116.
15. Raisch S., Krakowski S. Artificial Intelligence and Management: The Automation–Augmentation Paradox // Academy of Management Review. – 2021. – Vol. 46, № 1. – P. 192–210.
16. Мищенко Е. В., Остроух Е. П., Левченко К. В., Широкова Я. А., Голота Е. П. К вопросу о создании интеллектуальных систем управления взаимоотношениями с клиентами (интеграция AI и CRM) // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 2. – С. 173–176.
17. Venkatesh V., Morris M. G., Davis G. B., Davis F. D. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View // MIS Quarterly. – 2003. – Vol. 27, № 3. – P. 425–478.
18. Markus M. L. Technochange Management: Using IT to Drive Organizational Change // Journal of Information Technology. – 2004. – Vol. 19, № 1. – P. 4–20.
19. Kotter J. P. Leading Change: Why Transformation Efforts Fail // Harvard Business Review. – 1995. – Vol. 73, № 2. – P. 59–67.
20. Мищенко Е. В., Яранцева М. И., Вержиковский Д. Н., Казарян С. А. Методики оценки экономической эффективности внедрения чат-ботов с искусственным интеллектом для управления клиентским опытом // Путеводитель предпринимателя. – 2025. – Т. 18, № 2. – С. 22–31.
21. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies // American Economic Journal: Macroeconomics. – 2021. – Vol. 13, № 1. – P. 333–372.

From Process Discovery to Business Value: A Framework for Enterprise Process Transformation

Iaroshenko K.Yu.
University of Michigan

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Discovering process inefficiencies has become a routine competence of large enterprises, yet the systematic conversion of the resulting knowledge into measurable and attributable business value remains unsolved: many initiatives stop at analysis, recommendations, or deployment. The article proposes a Process-to-Value methodology of eight stages with a closed feedback loop and four instruments: the Transformation Opportunity Score for weighted prioritization, the value hypothesis fixed before implementation, the distinction between implementation and adoption, and the Value Attribution Chain setting the evidence requirements at every transition from insight to realized benefit. The application is shown on an illustrative invoice-processing case.

Keywords: business process management, process transformation, process mining, prioritization, value hypothesis, adoption of change, benefits realization, value attribution chain.

References

1. Van der Aalst, W. M. P. (2016). Process Mining: Data Science in Action (2nd ed.). Springer.
2. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). Fundamentals of Business Process Management (2nd ed.). Springer.
3. Hammer, M. (1990). Reengineering work: Don't automate, obliterate. Harvard Business Review, 68(4), 104–112.
4. McKinsey & Company. (2018). Unlocking success in digital transformations (McKinsey Global Survey). https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations
5. Boston Consulting Group. (2020). Flipping the odds of digital transformation success. https://www.bcg.com/publications/2020/increasing-odds-of-success-in-digital-transformation
6. Hughes, M. (2011). Do 70 per cent of all organizational change initiatives really fail? Journal of Change Management, 11(4), 451–464.
7. Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology. Communications of the ACM, 36(12), 66–77.
8. Rosemann, M., & vom Brocke, J. (2015). The six core elements of business process management. In Handbook on Business Process Management 1 (2nd ed., pp. 105–121). Springer.
9. Thorp, J. (2003). The Information Paradox: Realizing the Business Benefits of Information Technology (rev. ed.). Fujitsu Consulting.
10. Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. (2004). Review: Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value. MIS Quarterly, 28(2), 283–322.
11. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard — Measures that drive performance. Harvard Business Review, 70(1), 71–79.
12. Ross, J. W., & Beath, C. M. (2002). Beyond the business case: New approaches to IT investment. MIT Sloan Management Review, 43(2), 51–59.
13. Asatiani, A., & Penttinen, E. (2016). Turning robotic process automation into commercial success — Case OpusCapita. Journal of Information Technology Teaching Cases, 6(2), 67–74.

Динамическая оценка эффективности обучения резерва руководителей предприятий оборонно-промышленного комплекса России

Голубев Сергей Сергеевич
д-р экон. наук, профессор, руководитель проектов Федерального кадрового центра России ФГУП «ВНИИ «Центр»; профессор кафедры экономики и управления, Университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА), sergei.golubev56@mail.ru,

Климова Полина Андреевна
аспирант, заместитель руководителя проектного офиса, Федерального кадрового центра России ФГУП «ВНИИ «Центр». pklimova@vniicentr.ru

В статье исследуется переход от формального учета прохождения обучения участниками кадрового резерва к комплексной оценке его воздействия на управленческие, производственные и экономические результаты предприятий оборонно-промышленного комплекса. Такой подход позволяет определить степень применения освоенных компетенций в профессиональной деятельности и установить их вклад в улучшение ключевых производственных показателей.

Предложенная методика позволяет проследить связь результата обучения резервистов с их дальнейшей работой. Оценка строится не только на итогах освоения программы, но и на том, насколько полученные знания и навыки используются на практике, приводят ли они к изменениям в производственной деятельности и дают ли экономический результат.

Для этого предусмотрено наблюдение за результатами в динамике: до начала обучения, а затем через 30, 90, 180 дней и, при необходимости, в более длительной перспективе. Методика также включает оценку кадровых рисков и расчет возврата инвестиций в обучение (ROI).

Апробация подхода на условной группе из десяти резервистов показала, что такая система дает возможность увидеть не только различия между участниками программы. Она помогает понять, на каком этапе возникает проблема: при освоении материала, применении новых компетенций в работе или достижении производственных результатов. Кроме того, методика позволяет сопоставить фактические результаты с установленными целевыми показателями и оценить экономический эффект, который может быть связан с обучением.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, кадровый резерв, руководители, эффективность обучения, динамическая оценка, производственные результаты, экономический эффект, ROI.

Введение

Формирование кадрового резерва руководителей на предприятиях оборонно-промышленного комплекса является не только задачей профессионального развития персонала, но и значимым направлением экономико-управленческой деятельности. Организация направляет ресурсы на обучение, стажировки, наставничество, а также выполнение резервистами индивидуальных проектных заданий. При этом ожидаемыми результатами таких вложений выступают повышение обоснованности и качества управленческих решений, обеспечение устойчивости производственных процессов и подготовленность кандидатов к занятию руководящих позиций [1].

В то же время действующая практика оценки корпоративных образовательных программ характеризуется наличием методического разрыва между показателями, отражающими ход и непосредственные результаты обучения, и фактическими изменениями в результатах деятельности предприятия. [2]

Успешное прохождение итоговой аттестации не свидетельствует автоматически о применении полученных знаний и навыков в управленческой практике. Аналогичным образом высокий уровень удовлетворенности участников содержанием и организацией программы не может рассматриваться как самостоятельное подтверждение экономической оправданности затрат на обучение.

В связи с этим оценка эффективности должна учитывать последовательность формирования результата: затраты на обучение → образовательные результаты → развитие компетенций → применение компетенций в практической деятельности → совершенствование процессов → изменение производственных KPI → получение экономического эффекта → принятие кадрового решения.

Такой подход особенно важен для предприятий ОПК, характеризующихся высокой технологической сложностью, многоуровневой ооперацией с поставщиками сырья и комплектующих, повышенными требованиями к качеству при выполнении государственного оборонного заказа, а также дисциплине исполнения плановых заданий [3].

Поэтому объектом оценки эффективности подготовки резерва кадров предприятий ОПК должен быть не сам факт и даже не качество процесса обучения, а результативность трансформации приобретенных компетенций и знаний в результаты деятельности предприятия. В связи с этим цель исследования заключается в разработке методики динамической оценки эффективности обучения резерва руководителей предприятий ОПК [4].

Методы исследования

Теоретической и методологической базой проведенного исследования явились научные отечественные и зарубежные публикации ученых, связанные с проведением подготовки кадров для промышленных предприятий, а также качество подготовки резерва кадров топ-менеджеров, повышения качества управления технологическим развитием промышленных предприятий, и обеспечение технологического суверенитета при создании современных образцов техники.

Авторами использовался системный и процессный подходы для формирования взаимосвязи между обучением резервистов, переносом приобретенных компетенций и производственно-экономическими результатами предприятия; компетентностный и деятельностный — для оценки освоения и практического применения полученных знаний и учета специфики подготовки руководителей предприятий ОПК[5, 6].

Результаты и их обсуждение

Динамическая оценка эффективности обучения резерва кадров в предлагаемой методике означает, что эффективность обучения оценивается не однократно в момент завершения программы, а последовательно во времени. Его задача — проследить, как полученные знания преобразуются сначала в изменение управленческого поведения резервиста, затем в практические изменения процессов и, наконец, в производственно-экономический результат предприятиях [7, 8].

Оценка проводится в четырех контрольных точках: до обучения, через 30, 90 и 180 и более дней. До начала программы фиксируется исходное состояние (baseline): уровень компетенций резервиста, значения выбранных производственных KPI, существующие проблемы и риски. Через 30 дней оцениваются освоение программы и начало реализации проекта переноса. На 90-й день определяется, насколько приобретенные компетенции реально используются в работе и приводят ли внедренные решения к изменению производственных показателей. Через 180 дней или более в зависимости от особенностей организации оцениваются устойчивость достигнутых изменений, итоговый бизнес-эффект и экономическая результативность (таблица 1) [9].

Таблица 1
Динамика результатов обучения

Показатель	Baseline	30 дней	90 дней	180 и более дней
Компетентностная оценка	0,58	0,73	0,75	0,76

Перенос	0,20	0,48	0,67	0,73
Выполнение проекта	0 %	35 %	72 %	94 %
Выход годных с первого предъявления FPY	76,0 %	77,5 %	80,2 %	83,1 %
Переделки	12,4 %	11,8 %	10,1 %	8,7 %
Своевременность доставки (On Time Delivery) OTD	78,0 %	79,4 %	83,2 %	87,0 %
План–факт	15,0 %	13,7 %	11,2 %	8,9 %
Накопленный эффект, млн руб	0	2,8	18,6	44,5

Полученные результаты показывают, что прирост знаний возникает раньше производственного эффекта. Это означает, что итоговая оценка непосредственно после завершения программы методически недостаточна [10].

Итоговая архитектура методики динамической оценки эффективности обучения резерва руководителей предприятий ОПК представлена на рисунке 1. [11]

Авторами используется четырехуровневая модель оценки, включающая качество программы, освоение знаний и компетенций, перенос результатов обучения в практическую деятельность и производственно-экономический эффект.

Для проверки работоспособности разработанной методики проведена расчетная апробация на группе из десяти участников кадрового резерва реального предприятия оборонно-промышленного комплекса, далее — Предприятие А.

В целях обеспечения сопоставимости результатов для всех резервистов использован единый набор производственных показателей, отражающих наиболее типовые эффекты управленческих и организационно-технологических проектов: FPY — доля сдачи с первого предъявления, OTD — доля выполнения этапов в установленный срок, уровень переделок и длительность производственного цикла [12,13].

Для каждого участника были определены исходное состояние (baseline); целевое значение(target); фактическое значение через 180 дней(fact); степень достижения целевого значения; индекс бизнес-эффекта (B); индекс освоения (L); индекс переноса (T); интегральный индекс эффективности обучения (E) и подтвержденный экономический эффект проекта. Такое построение расчета позволяет непосредственно увязать результаты образовательной программы с изменением производственных показателей (Таблица2).

Представленные данные показывают устойчивую положительную динамику по всем четырем показателям. Среднее значение FPY увеличилось с 75,7 до 84,0 %, то есть на 8,3 п.п. Среднее значение OTD увеличилось с 77,7 до 87,7 %, то есть на 10,0 п.п. Уровень переделок снизился с 12,79 до 9,41 %, то есть на 3,38 п.п. Средняя длительность производственного цикла сократилась с 41,1 до 34,7 дня, то есть на 6,4 дня.

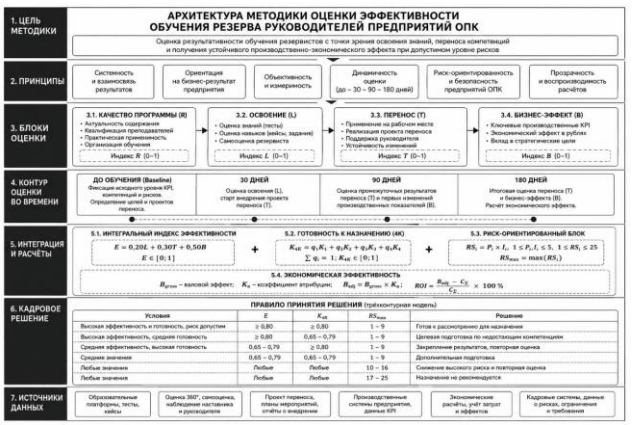


Рисунок 1. Динамическая структура архитектуры методики оценки

При этом по группе в целом фактические значения несколько не достигли установленного target: FPY — на 0,6 п.п.; OTD — на 0,8 п.п.; переделки — на 0,33 п.п. выше целевого уровня; производственный цикл — на 0,4 дня выше target.

С точки зрения контроллинга это является важным результатом: методика фиксирует не только улучшение относительно исходного значения, но и остаточное отклонение относительно установленной цели.

3.1. Расчет нормированного индекса бизнес-эффекта

Таблица 2
Исходные, целевые и фактические производственные показатели резервистов условного предприятия А

Резервист	FPY baseline, %	FPY target, %	FPY fact, %	OTD baseline, %	OTD target, %	OTD fact, %	Переделки baseline, %	Переделки target, %	Переделки fact, %	Цикл baseline, дни	Цикл target, дни	Цикл fact, дни
P1	76	84	82	78	88	86	12,5	9,0	9,8	40	34	35
P2	74	83	84	77	87	88	13,2	9,5	9,3	42	35	35
P3	79	85	83	81	89	87	11,4	8,8	9,4	37	32	33
P4	75	86	87	76	90	91	14,0	9,0	8,8	44	36	35
P5	77	84	81	79	88	84	12,0	9,0	10,2	39	33	35
P6	73	82	81	75	86	85	13,5	10,0	10,6	43	36	37
P7	78	86	85	80	89	88	11,8	8,5	9,0	38	32	33
P8	75	87	88	77	91	92	13,8	8,8	8,5	45	36	35
P9	76	85	84	78	89	87	12,7	9,2	9,6	41	34	35
P10	74	84	85	76	88	89	13,0	9,0	8,9	42	35	34
Среднее	75,7	84,6	84,0	77,7	88,5	87,7	12,79	9,08	9,41	41,1	34,3	34,7

Для показателей, рост которых является положительным, степень достижения цели рассчитывается по формуле, где учитываются минимально и максимально допустимые значения показателя [14].

Для показателей-стимуляторов (чем больше значение, тем лучше)

$$z_i = \frac{x_i - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}$$

где z_i — нормированное значение показателя, x_i^{min} — минимальное допустимое значение, x_i^{max} — максимальное значение. В результате $0 \le z_i \le 1$.

Для показателей-дестимуляторов (текучесть кадров, уровень брака и т.д.) используется обратная зависимость

$$z_i = \frac{x_i^{\max} - x_i}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}$$

Нормирование обеспечивает увеличение эффективности независимо от первоначальной экономической природы показателя.

Для целей апробации всем четырем производственным KPI присвоен одинаковый вес v_j=0,25. Следовательно:

Bi= 0,25 x FPY +0,25 x OTD+0,25 x Rework+0,25 x Cycle.

3.2. Расчет интегральной эффективности для десяти резервистов

Индекс эффективности обучения определяется [15]:

Ei= 0,20Li+ 0,30Ti+ 0,50Bi.

Интегральные результаты резервистов условного предприятия представлены в таблице 3.

Средний интегральный индекс по потоку Egroup составил 0,801. Согласно предлагаемой шкале данный результат соответствует высокой эффективности обучения. При этом значение среднего индекса освоения составило 0,757, индекса переноса — 0,712, а производственного эффекта — 0,873. Полученное соотношение представляет интерес с позиции контроллинга.

Таблица 3
Интегральные результаты резервистов

Резервист	Индекс освоения L	Индекс переноса T	Бизнес-эффект B	Интегральный индекс E	Экономический эффект, млн руб.
P1	0,720	0,680	0,789	0,742	3,7
P2	0,780	0,740	1,000	0,878	4,5
P3	0,700	0,650	0,746	0,708	3,4
P4	0,820	0,790	1,000	0,901	5,2
P5	0,680	0,610	0,598	0,618	2,8
P6	0,760	0,710	0,871	0,800	4,0
P7	0,740	0,690	0,861	0,786	3,9
P8	0,840	0,820	1,000	0,914	5,7
P9	0,730	0,670	0,862	0,778	3,8
P10	0,800	0,760	1,000	0,888	4,8
Среднее	0,757	0,712	0,873	0,801	4,18
Итого	—	—	—	—	41,8

Исследование показало, что проблема заключается не в получении бизнес-эффекта, а в переносе результатов обучения в практику. Поэтому в дальнейшем важно уделить особое внимание организационному обеспечению переноса приобретенных компетенций на рабочее место.

Ранжирование резервистов

Наиболее высокий итоговый результат показал резервист P8. Значение его интегрального показателя составило 0,914. Это связано с хорошими результатами по всем основным компонентам оценки. Так его уровень освоения программы составил 0,840, а уровень переноса полученных знаний и навыков в практическую деятельность составил 0,820. Кроме того, по всем

производственным показателям были достигнуты или превышены установленные целевые значения. Высокие результаты также получены у резервистов P4 и P10: E4=0,901 и E0=0,888) соответственно.

Наименьшее значение интегрального показателя зафиксировано у резервиста P5 (E5=0,618). В данном случае методика позволяет установить причины снижения итоговой оценки. Уровень освоения программы составил 0,680, уровень переноса полученных знаний в практическую деятельность — 0,610, а результативность по производственным показателям — 0,598.

Полученные данные показывают, что более низкий итоговый результат связан как с недостаточным применением полученных знаний и навыков в работе, так и с недостижением ряда целевых производственных показателей.

Таким образом, использование методики позволяет не только зафиксировать итоговый уровень эффективности обучения, но и определить, какие именно составляющие требуют дополнительного внимания. В рассматриваемом случае корректирующие меры должны быть направлены прежде всего на повышение переноса полученных компетенций в практическую деятельность и достижение установленных производственных показателей.

3.4. Связь baseline, target, fact и экономического эффекта

Для целей апробации наиболее существенным является подтверждение связи между изменением KPI и экономическим результатом (Таблица 4).

Таблица 4
Сводная оценка достижения целевых результатов

KPI	Baseline	Target	Fact	Изменение к baseline	Отклонение от target
FPY, %	75,7	84,6	84,0	+8,3 п.п.	–0,6 п.п.
OTD, %	77,7	88,5	87,7	+10,0 п.п.	–0,8 п.п.
Переделки, %	12,79	9,08	9,41	–3,38 п.п.	+0,33 п.п.
Производственный цикл, дни	41,1	34,3	34,7	–6,4 дня	+0,4 дня
Экономический эффект	0	40,0 млн руб.*	41,8 млн руб.	+41,8 млн руб.	+1,8 млн руб.

* Целевое значение приведено в расчетных целях апробации.

Сводная таблица позволяет проследить весь контур контроллинга: Baseline, Target Fact, Deviation и Economic effect. Это принципиально отличает предлагаемую методику от традиционного HR-отчета, в котором обучение обычно завершается оценкой удовлетворенности или результатов тестирования.

3.5.Оценка ROI программы подготовки кадрового резерва

Для той же группы резервистов сформируем единый расчет экономической эффективности. Совокупный подтвержденный экономический эффект проектов B_{mon}=41,8 млн руб. Затраты непосредственно на образовательную программу C_{train}=7,5 млн руб. Затраты на реализацию проектов переноса: C_{impl}=5,0 млн руб. Итого Совокупные инвестиции:12,5 млн руб.Ч истый экономический эффект: 29,3 млн руб. Показатель ROI: ROI=(41,8-12,5)/100%. Следовательно :ROI=234,4% (таблица 5).

Таблица 5
Экономическая эффективность программы

Показатель	Значение
Число участников	10 чел.
Затраты на обучение	7,5 млн руб.
Затраты на проекты переноса	5,0 млн руб.
Совокупные инвестиции	12,5 млн руб.
Подтвержденный эффект	41,8 млн руб.
Чистый эффект	29,3 млн руб.
ROI	234,4 %
Эффект на одного резервиста	4,18 млн руб.
Затраты на одного резервиста	1,25 млн руб.

Полученное значение ROI означает, что на каждый рубль совокупных инвестиций в обучение и последующее внедрение проектов было получено около 2,34 руб. чистого экономического результата сверх первоначально вложенного рубля.

Общий объем результата на один рубль инвестиций составил 3,344. Следовательно, каждый рубль затрат сформировал около 3,34 руб. валового результата.

3.6. Корректировка ROI на атрибуцию результата

При оценке экономической эффективности обучения необходимо учитывать, что выявленное улучшение производственных показателей может быть обусловлено не только реализацией проектов переноса, разработанных резервистами по результатам обучения. На итоговые показатели одновременно могут влиять модернизация оборудования, изменение производственной программы, повышение обеспеченности материальными ресурсами, изменение состава персонала, управленческие решения других подразделений и иные факторы.

В связи с этим предлагается определять скорректированный экономический эффект, то есть ту часть совокупного результата, которая может быть обоснованно отнесена к реализации проектов переноса:

$B_{adj}=B_{gross} \times K_a$

где: B_{adj} — скорректированный экономический эффект, относимый к результатам обучения и реализации проектов переноса, млн руб.; B_{gross} — совокупный зафиксированный экономический эффект от изменения анализируемых производственных показателей, млн руб.; K_a — коэффициент атрибуции результата, принимающий значения от 0 до 1.

Коэффициент K_a характеризует долю экономического результата, связанную с реализацией проектов переноса резервистов.

В рассматриваемом примере совокупный экономический эффект B_{gross} составил 41,8 млн руб. По результатам экспертной оценки предполагается, что 80 % полученного эффекта может быть отнесено непосредственно к реализации проектов переноса. Тогда K_a=0,80. Скорректированный экономический эффект составит:41,8 х 0,8 = 33,44 млн руб.

При совокупных затратах на обучение и реализацию проектов C_{Sigma}=12,5 млн руб. скорректированный чистый экономический эффект определяется как разница B_{adj} и C_{Sigma}, т.е. 33,4 -12,5 =20,94 млн руб.

Скорректированный показатель возврата инвестиций определяется по формуле:$(B_{adj}-C_{Sigma}) \times 100\% / C_{Sigma}$).

Подставляя в эту формулу расчетные значения, получаем:167,52%. Экономическая интерпретация полученного результата состоит в следующем. На каждые 100 руб. совокупных инвестиций в обучение и реализацию проектов переноса приходится 167,5 руб. чистого скорректированного экономического эффекта сверх возмещения первоначальных затрат. Иными словами, на каждый 1 руб. затрат приходится 2,675 руб. скорректированного валового экономического результата, из которых: 2,675-1=1,675 руб. составляет чистый эффект сверх первоначально инвестированного рубля.

Следовательно, необходимо различать два взаимосвязанных показателя: отношение скорректированного экономического результата к затратам и скорректированный ROI, характеризующий чистую отдачу на инвестиции.

Сопоставление базового и скорректированного ROI представлено в таблице 6.

Таблица 6
Сопоставление базового и скорректированного ROI

Показатель	Без корректировки	С учетом атрибуции 0,80
Экономический эффект	41,8 млн руб.	33,44 млн руб.
Затраты	12,5 млн руб.	12,5 млн руб.
Чистый эффект	29,3 млн руб.	20,94 млн руб.
ROI	234,4 %	**167,5 %**

Проведение двух вариантов расчета повышает обоснованность полученного результата.

Заключение

Разработанная методика позволяет оценивать подготовку резерва руководителей предприятий ОПК не только с позиции качества обучения, но и как составную часть кадрового, производственного и экономического анализа предприятия. Основное внимание в ней уделяется не самому факту освоения программы, а тем изменениям, которые впоследствии происходят в практической деятельности резервиста и отражаются на производственных и экономических показателях предприятия.

Для этого используется последовательность «baseline → target → fact → отклонение», позволяющая сопоставить исходное состояние, установленное целевое значение и фактически достигнутый результат. Такой подход дает возможность определить не только наличие положительной динамики, но и степень достижения поставленных целей, а также величину отклонения от них.

Отдельный учет интегральной эффективности обучения, готовности резервиста к выполнению руководящих функций и уровня кадрового риска имеет принципиальное значение. Эти характеристики не сводятся к одному итоговому показателю и рассматриваются самостоятельно. Благодаря этому высокий результат обучения не может компенсировать наличие критического риска или недостаточную готовность резервиста к назначению на руководящую должность.

Предложенная методика может использоваться как инструмент информационно-аналитического обеспечения решений о составе кадрового резерва, индивидуальных траекториях развития, эффективности образовательных программ и готовности кандидатов к назначению.

Литература

1. Указ Президента РФ от 07.05.2024 N 309 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года".
2. Суржицкая Л.И. Сущность кадрового резерва. цели формирования кадрового резерва. этапы работы по формированию кадрового резерва. Экономика и социум. 2020. № 9 (76). С. 327-331.
3. Федеральный закон от 29.12.2012 N 275-ФЗ (ред. от 04.07.2026) "О государственном оборонном заказе" (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.08.2026)

4. Осипова Т.В., Батарчук Д.С. Теоретические аспекты управления кадровым резервом в организации. Экономика и социум. 2024. № 12-2 (127). С. 1747-1751.
5. Гурина А.А. Компетентностный подход и кадровый резерв: необходимая мера для успешного функционирования компании. В сборнике: Прорывные научные исследования как двигатель науки. сборник статей Международной научно-практической конференции. 2019. С. 45-48.
6. Федосеев В.В. Системный подход к управлению кадровым резервом как инструмент повышения эффективности предприятия. В сборнике: Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 83-й международной научно-технической конференции. Том 3. Магнитогорск, 2025. С. 26.
7. Кочетков В.О., Ризакулиев С.А. Формирование системы кадрового резерва как важнейшее направление реализации кадровой политики организации. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 39-43.
8. Курганский С. Кадровый резерв как элемент стратегии. Народное образование. 2009. № 7 (1390). С. 100-109.
9. Баева О.Н., Лопатина Р.А. Оценка эффективности работы с кадровым резервом с учетом стратегии развития организации. В сборнике: Современные проблемы экономики и менеджмента. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 28-31
10. Глушкова А.И. Оценка эффективности работы системы кадрового резерва промышленного предприятия. Гуманитарный научный журнал. 2022. № 4-2. С. 39-47
11. Kirkpatrick J. D., Kirkpatrick W. K. Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation. Alexandria: ATD Press, 2016.
12. Смирнов Н.В., Алексеенков О.О. Формирование кадрового резерва для производственной организации. В сборнике: Моисеевские чтения. Победа в Великой Отечественной войне и будущее России как цивилизации. Доклады и материалы VIII Национальной научной конференции. Москва, 2025. С. 494-499.
13. Баева О.Н., Арбатская Е.А., Шагина Е.А. Оценка эффективности работы с кадровым резервом: к вопросу об учете индивидуальных результатов. Креативная экономика. 2022. Т. 16. № 8. С. 3277-3292.
14. Ерохина П.С. Критерии и показатели оценки эффективности кадрового резерва. В сборнике: Актуальные вопросы управления персоналом. сборник научных статей VI Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. Москва - Воронеж, 2024. С. 146-150.
15. Новоселова О.В. Управление кадровым резервом руководителей как способ управления организацией. В сборнике: Актуальные вопросы кадрового и образовательного менеджмента. Сборник научных трудов III межвузовского научного семинара. Самара, 2017. С. 126-131.

Dynamic assessment of training effectiveness for the management reserve of Russian defense industry enterprises

Golubev S.S., Klimova P.A.
Federal Personnel Center of Russia (FSUE VNII "Center"), Kutafin Moscow State Law University (MSAL)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the transition from the formal recording of training completion by members of the management personnel reserve to a comprehensive assessment of how training affects managerial, production, and economic performance at enterprises of the defense-industrial complex. This approach makes it possible to determine the extent to which the acquired competencies are applied in professional practice and to assess their contribution to improvements in key production indicators.

The proposed methodology makes it possible to trace the relationship between the training outcomes of reserve members and their subsequent work performance. The assessment is based not only on the results of the training program itself, but also on the extent to which the acquired knowledge and skills are used in practice, whether they lead to changes in production performance, and whether they generate measurable economic effects.

For this purpose, the methodology provides for monitoring results over time: before the start of training and then after 30, 90, 180 days and, where necessary, over a longer period. It also includes an assessment of personnel-related risks and a calculation of return on investment in training (ROI).

A pilot application of the approach to a hypothetical group of ten reserve members showed that the proposed system makes it possible not only to identify differences between training participants, but also to determine at what stage problems arise: during the learning process, when applying newly acquired competencies in the workplace, or when achieving production targets. In addition, the methodology allows actual results to be compared with established target values and makes it possible to assess the economic effect that may be associated with the training program.

Keywords: defense-industrial complex, management personnel reserve, managers, training effectiveness, dynamic assessment, production performance, economic effect, ROI.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 309 dated May 7, 2024, "On National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and the Perspective up to 2036."
2. Surzhitskaya L.I. The essence of the talent pool; goals of forming a talent pool; stages of work on forming a talent pool. *Ekonomika i sotsium* [Economy and Society]. 2020. No. 9 (76). pp. 327–331.
3. Federal Law No. 275-FZ dated December 29, 2012 (as amended on July 4, 2026), "On the State Defense Order" (with amendments and additions entering into force on August 4, 2026).
4. Osipova T.V., Batarchuk D.S. Theoretical aspects of talent pool management in an organization. *Ekonomika i sotsium* [Economy and Society]. 2024. No. 12-2 (127). pp. 1747–1751.
5. Gurina A.A. The competence-based approach and the talent pool: a necessary measure for the successful functioning of a company. In: *Breakthrough Scientific Research as a Driver of Science* (Collection of articles from the International Scientific and Practical Conference). 2019. pp. 45–48.
6. Fedoseev V.V. A systems approach to talent pool management as a tool for increasing enterprise efficiency. In: *Current Problems of Modern Science, Technology, and Education* (Abstracts of the 83rd International Scientific and Technical Conference). Vol. 3. Magnitogorsk, 2025. P. 26.
7. Kochetkov V.O., Rizakuliev S.A. Formation of a talent pool system as a crucial aspect of implementing an organization's HR policy. *System Technologies*. 2018. No. 1 (26). Pp. 39–43.
8. Kurgansky S. The talent pool as an element of strategy. *Public Education*. 2009. No. 7 (1390). Pp. 100–109.
9. Baeva O.N., Lopatina R.A. Evaluating the effectiveness of talent pool management in the context of organizational development strategy. In: *Modern Problems of Economics and Management: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Voronezh, 2021. Pp. 28–31.
10. Glushkova A.I. Evaluating the effectiveness of the talent pool system at an industrial enterprise. *Humanities Scientific Journal*. 2022. No. 4-2. Pp. 39–47.
11. Kirkpatrick J. D., Kirkpatrick W. K. *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*. Alexandria: ATD Press, 2016.
12. Smirnov N.V., Alekseenkov O.O. Forming a talent pool for a manufacturing organization. In: *Moiseev Readings: Victory in the Great Patriotic War and Russia's Future as a Civilization — Papers and Materials of the VIII National Scientific Conference*. Moscow, 2025. Pp. 494–499.
13. Baeva O.N., Arbatskaya E.A., Shagina E.A. Evaluating the effectiveness of talent pool management: on the issue of accounting for individual results. Creative Economy. 2022. Vol. 16. No. 8. Pp. 3277–3292.
14. Erokhina P.S. Criteria and indicators for assessing the effectiveness of the personnel reserve. In: *Current Issues in Personnel Management*: Collection of scientific articles from the VI National (All-Russian) Scientific and Practical Conference. Moscow – Voronezh, 2024. Pp. 146–150.
15. Novoselova O.V. Managing the managerial talent pool as a method of organizational management. In: *Current Issues in HR and Educational Management*: Collection of scientific papers from the III Inter-university Scientific Seminar. Samara, 2017. Pp. 126–131.

Персонализация клиентского опыта в малом бизнесе: алгоритмы обработки цифровых следов и их влияние на лояльность потребителей

Качанов Анатолий Сергеевич
аспирант, Синергия, 89096924967@ya.ru

Проблема исследования связана с необходимостью поиска эффективных механизмов удержания потребительской аудитории в условиях усиления конкуренции в секторе малого бизнеса Российской Федерации. Ограниченные ресурсы и дефицит специализированных компетенций у малых предприятий затрудняют внедрение технологий персонализации, апробированных в крупных корпорациях. Методология исследования базируется на проведении онлайн-опроса с элементами мини-кейсов (сценариев взаимодействия с персонализированными предложениями) среди активных интернет-покупателей (400 респондентов, погрешность ±5 %, уровень доверия 95 %). В ходе работы проанализированы методы сбора и обработки цифровых следов (поведенческих, транзакционных, социальных, геоданных), оценена взаимосвязь степени персонализации клиентского опыта и показателей лояльности (NPS – индекс готовности рекомендовать, CSI – индекс удовлетворенности, LTV – пожизненная ценность клиента). Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что системное использование алгоритмов обработки цифровых следов повышает лояльность потребителей, но выявили ограничения, связанные с восприятием приватности и прозрачности сбора данных. Установлено, что 74 % опрошенных считают рассылки полезными, 72 % отмечают влияние персонализации на решение вернуться в магазин/приложение, а 76 % называют гарантии безопасности данных ключевым условием доверия. Практическое применение результатов заключается в разработке рекомендаций для малого бизнеса по поэтапному внедрению персонализированных стратегий: от простых алгоритмов на основе истории покупок до продвинутых рекомендательных механизмов в CRM-системах (Bitrix24, amoCRM), а также в формулировке предложений для регуляторов по стандартизации прозрачности сбора и использования цифровых следов.

Ключевые слова: персонализация клиентского опыта, малый бизнес, цифровые следы, лояльность потребителей, NPS, CSI, LTV, обработка данных, прозрачность сбора данных, безопасность данных.

Введение

Усиление конкурентного давления в секторе малого бизнеса [1] Российской Федерации актуализирует поиск действенных механизмов удержания потребительской аудитории. Распространение цифровых каналов взаимодействия породило массив данных о поведении клиентов [2, с. 40] – так называемых цифровых следов, – обработка которых открывает возможности для выстраивания персонализированных стратегий коммуникации. Внедрение подобных подходов способно трансформировать клиентский опыт, однако специфика малого бизнеса – ограниченные ресурсы, локальный масштаб деятельности, дефицит специализированных компетенций – накладывает существенные ограничения на применение технологий, апробированных в крупных корпорациях.

Цель исследования состоит в выявлении эффективных алгоритмов обработки цифровых следов, пригодных для внедрения в малом бизнесе, и комплексной оценке их воздействия на лояльность потребительской аудитории.

Для достижения поставленной цели предстоит решить ряд взаимосвязанных задач:

проанализировать доступные методы сбора и обработки цифровых следов с учетом ресурсных ограничений малых предприятий;

выявить характер взаимосвязи между степенью персонализации клиентского опыта и показателями лояльности;

оценить практическую эффективность существующих инструментов автоматизации;

сформулировать прикладные рекомендации по внедрению персонализированных стратегий для субъектов малого предпринимательства.

Гипотеза исследования предполагает, что системное использование алгоритмов обработки цифровых следов позволяет повысить лояльность потребителей за счет формирования индивидуализированных предложений, соответствующих поведенческим паттернам и предпочтениям конкретных клиентов.

Материалы и методы

При подготовке исследования были изучены научные публикации, нормативно-правовые акты и материалы, раскрывающие вопросы использования цифровых инструментов в деятельности малых предприятий. Обработка и оценка полученной информации осуществлялись с применением методов анализа, сравнения, обобщения и систематизации.

Литературный обзор

Концепция персонализации клиентского опыта в условиях цифровой трансформации [3, с.134] экономики претерпевает существенные изменения: от фрагментарного учета отдельных параметров взаимодействия с потребителем она эволюционирует к комплексному моделированию индивидуального пути клиента на основе массивов данных, фиксирующих его поведение в цифровой среде. В основе данного процесса лежит работа с так называемыми цифровыми следами [4, с. 285] – совокупностью данных, генерируемых пользователем в ходе взаимодействия с цифровыми платформами и сервисами.



Рисунок 1. Структура данных цифровых следов потребителя

Цифровые следы, представленные на рисунке 1, включают несколько групп данных, формирующихся в процессе взаимодействия человека с цифровыми сервисами, мобильными приложениями, сайтами и офлайн-инфраструктурой [5].

Сбор и использование подобных данных на территории Российской Федерации осуществляются в рамках требований Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных» [11]. Организации, работающие с информацией о пользователях, обязаны соблюдать установленный порядок получения

согласия на обработку данных, обеспечивать их сохранность и выполнять требования, связанные с защитой персональной информации.

В связи с этим многие компании используют отечественные программные решения, включая Enkod и сервисы экосистемы Яндекса, разработанные с учетом действующего законодательства [12].

Результаты

Для оценки результатов персонализированного взаимодействия используются различные показатели клиентской лояльности [19]. В российской практике одним из наиболее распространенных является индекс NPS (Net Promoter Score). Его расчет основан на ответе клиента на вопрос о готовности рекомендовать компанию другим потребителям. Показатель определяется как разница между долей респондентов, поставивших наиболее высокие оценки, и долей клиентов, выразивших неудовлетворенность качеством продукта или обслуживания. Данный подход широко применяется в банковском секторе, розничной торговле и сфере услуг для анализа отношения клиентов к компании.

Индекс удовлетворенности CSI строится иначе. При его расчете учитываются несколько характеристик взаимодействия с компанией одновременно. В зависимости от специфики бизнеса это могут быть качество продукции, скорость доставки, работа службы поддержки, удобство оформления заказа или другие параметры. Такой подход используется в ситуациях, когда необходимо понять, какой именно этап обслуживания вызывает наибольшее число замечаний со стороны клиентов.

Еще одним распространенным показателем является LTV, отражающий ценность клиента на протяжении всего периода взаимодействия с компанией. В этом случае внимание уделяется не только количеству покупателей, но и их вкладу в формирование выручки. Анализируются частота обращений, повторные покупки, участие в программах лояльности и другие характеристики потребительского поведения.

Обсуждение

После сбора цифровых данных возникает задача их систематизации и последующего анализа. Объем информации, формирующийся в процессе взаимодействия пользователей с цифровыми сервисами, настолько велик, что его обработка вручную становится практически невозможной. По этой причине в компаниях используются специализированные программные решения, обеспечивающие хранение и обработку поступающих сведений.

Среди наиболее распространенных инструментов в российской практике остаются CRM-системы Bitrix24 и amoCRM. В них сохраняются данные о клиентах, история обращений, сведения о сделках, переписка и результаты взаимодействия сотрудников с потребителями.

Параллельно веб-аналитические инструменты, включая Яндекс.Метрику, отслеживают поведение посетителей на сайтах и в мобильных приложениях: глубину просмотра, время на страницах, пути навигации, конверсионные воронки и микроконверсии [20, с. 182].

Анализ больших массивов информации обычно требует применения методов машинного обучения [21, с. 155]. Для изучения поведения пользователей широко используются алгоритмы кластеризации, включая k-means и DBSCAN. Их применение позволяет объединять клиентов в группы на основе сходства действий и предпочтений без предварительно заданных критериев.

Для решения задач прогнозирования применяются методы классификации, в том числе деревья решений и алгоритм Random Forest. С их помощью оценивается вероятность выполнения определенных действий пользователем, например оформления заказа после просмотра товара или прекращения взаимодействия с компанией при снижении уровня активности.

Отдельное направление связано с использованием рекомендательных систем. Подобные технологии широко применяются на маркетплейсах Ozon и Wildberries, где рекомендации формируются на основе данных о покупках и предпочтениях пользователей.

Практическое использование перечисленных методов предполагает наличие программных решений, обеспечивающих сбор, хранение, обработку и визуализацию данных в единой информационной среде. CRM-решения, такие как Bitrix24 и amoCRM, служат не только хранилищами клиентских профилей, но и инструментами автоматизации маркетинга: они запускают триггерные рассылки, распределяют задачи между менеджерами и отслеживают эффективность коммуникаций. BI-системы, хотя глобальные решения вроде Tableau и Power BI остаются на рынке, в российской среде все чаще заменяются локальными аналогами: Yandex Datalens или решениями на базе 1С. Эти инструменты позволяют строить интерактивные дашборды, отображающие динамику NPS, CSI, LTV и других метрик лояльности, а также моделировать сценарии персонализации с учетом изменений в поведении аудитории.

На этом этапе интерес представляет уже не сам факт накопления цифровых данных, а их практическое использование. Сведения, полученные из различных источников, сопоставляются между собой и становятся основой для принятия решений, связанных с продажами, коммуникациями и работой с клиентами.

Эмпирический анализ влияния на лояльность

Вопрос о том, насколько персонализированные предложения действительно воспринимаются потребителями положительно, остается предметом дискуссий. С одной стороны, использование данных о предыдущих покупках и интересах пользователя позволяет сделать взаимодействие более адресным. С другой стороны, чрезмерное использование информации о клиенте может вызывать настороженность и ощущение контроля. Именно это противоречие стало отправной точкой исследования.

В центре внимания находились алгоритмы обработки цифровых следов и их возможная связь с лояльностью потребителей. Предполагалось, что отношение пользователей к персонализации зависит не только от содержания предложения, но и от того, какие данные используются для его формирования и насколько понятен механизм их получения.

В исследовании приняли участие пользователи, регулярно совершающие покупки через интернет. В выборку вошли клиенты крупных российских маркетплейсов и пользователи мобильных банковских приложений. Возраст участников составил от 18 до 55 лет. География опроса охватывала как крупнейшие города страны, так и города среднего размера, что позволило избежать концентрации ответов исключительно в столичных регионах.

Сбор информации проводился в формате онлайн-опроса. Помимо вопросов о привычках интернет-покупок и отношении к персонализированным предложениям респондентам предлагались небольшие практические ситуации. В каждой из них необходимо было оценить конкретный пример использования пользовательских данных при формировании рекомендаций или рекламных сообщений.

Объем выборки составил 400 респондентов, что обеспечило статистическую значимость результатов при уровне доверия 95 % и погрешности ±5 %.

Проведение исследования

Исследование проведено методом онлайн-опроса в марте 2026 года. В нем приняли участие 400 активных интернет-покупателей из разных регионов России, регулярно совершающих онлайн-покупки. Выборка была сбалансирована по возрасту и полу, с пропорциональным представительством жителей Москвы, Санкт-Петербурга, других городов-миллионников и средних городов.

Анализ результатов и интерпретация

Выборка исследования включала 400 респондентов с сбалансированным гендерным распределением: 184 мужчины (46 %) и 216 женщин (54 %). Возрастная структура охватывала четыре группы: наибольшую долю составили лица 25–34 лет (148 человек, 37 %), далее следовали респонденты 35–44 лет (108 человек, 27 %), группа 18–24 лет насчитывала 88 участников (22 %), а старшая возрастная категория 45–55 лет была представлена 56 респондентами (14 %). Наибольшую часть выборки составили респонденты с высшим образованием – 196 человек (49 %). Среднее специальное образование имели 92 участника исследования (23 %), незаконченное высшее – 68 человек (17 %), среднее образование – 44 человека (11 %). В опросе приняли участие жители различных регионов России. Доля респондентов из Москвы составила 30 % (120 человек), из Санкт-Петербурга – 20 % (80 человек). Еще 100 участников (25 %) представляли другие города-миллионники. В городах с численностью населения от 250 тыс. до 1 млн человек проживали 80 опрошенных (20 %). Наименьшая доля пришлась на населенные пункты с численностью менее 250 тыс. жителей – 20 человек, или 5 % выборки.

Анализ полученных ответов показал, что использование данных о цифровой активности пользователей в целом положительно воспринимается участниками исследования и может рассматриваться как инструмент повышения качества взаимодействия с клиентами. Вместе с тем значительная часть респондентов обращала внимание на вопросы конфиденциальности. Наиболее чувствительными оказались темы, связанные с объемом собираемых данных, порядком их использования и степенью информированности пользователей о применяемых механизмах обработки информации.

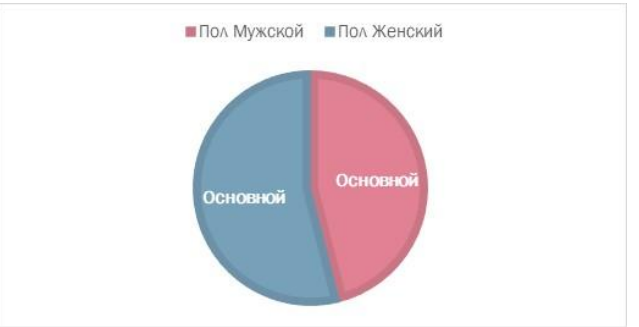


Рисунок 2. Пол респондентов.

Согласно результатам опроса, лишь небольшая часть участников никогда не замечала персонализированных предложений. Большинство респондентов сталкивались с ними регулярно или могли без труда определить их наличие. Положительную оценку таким коммуникациям дали почти три четверти опрошенных. Сходная доля участников отметила, что персонализированные предложения хотя бы иногда влияют на решение о повторном обращении к сервису. Это позволяет рассматривать персонализацию как один из факторов, способствующих поддержанию интереса клиентов к компании.



Рисунок 3. Влияние на лояльность.

Среди условий, влияющих на отношение пользователей к персонализированным сервисам, наиболее высокие оценки получили вопросы безопасности данных. На важность соответствующих гарантий указали 76 % участников опроса. Также значимыми для респондентов оказались прозрачность процедур сбора информации (68 %) и возможность самостоятельно определять параметры ее использования (60 %). Полученные результаты свидетельствуют о том, что при внедрении персонализированных сервисов компании должны уделять внимание не только качеству рекомендаций, но и информированию пользователей о принципах работы с их данными.

Дополнительную информацию позволил получить анализ предложенных участникам ситуационных примеров. Наиболее высокую оценку получил сценарий, при котором после поиска ботинок пользователю рекомендовались термоноски: среднее значение составило 3,8 балла по пятибалльной шкале. Иная картина наблюдалась в случае с предложением кредита на ремонт, сформированным на основе активности пользователя в другом цифровом сервисе. Средняя оценка такого варианта составила 2,9 балла.

Сопоставление полученных результатов позволяет сделать вывод о различном восприятии отдельных форм персонализации. Более высокие оценки получили сценарии персонализации, основанные на действиях пользователя внутри одного сервиса. Значительно осторожнее участники исследования отнеслись к использованию сведений, полученных из других цифровых платформ. Различия в оценках свидетельствуют о том, что границы допустимого использования персональных данных остаются важным вопросом для многих пользователей.

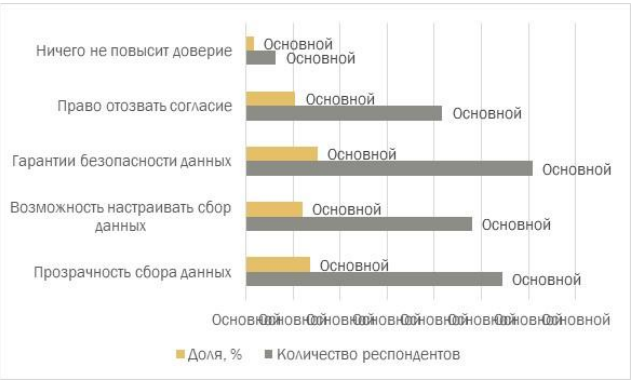


Рисунок 4. Факторы повышения доверия.

Распределение ответов показало, что отношение респондентов к передаче персональных данных нельзя назвать однозначным. Готовность предоставлять информацию в ограниченном объеме выразили 56 % участников опроса. Еще 24 % не возражали против более широкого использования данных. В то же время 20 % респондентов сообщили, что не готовы передавать сведения о себе цифровым сервисам.

Ответы респондентов заметно различались в зависимости от того, о каких именно данных шла речь. Наиболее спокойно участники опроса отнеслись к использованию сведений о покупках: такой вариант допустимым посчитали 72 % опрошенных. Совсем иная картина сложилась в отношении геолокации и информации из социальных сетей. Данными о местоположении были готовы делиться 28 % респондентов, а сведениями из социальных сетей – только 16 %.

Заключение

Полученные данные позволяют заключить, что персонализация клиентского опыта воспринимается потребителями позитивно при соблюдении ряда условий. В первую очередь, она должна быть ограничена рамками одного сервиса, где пользователь изначально ожидает индивидуализированного подхода. Также, наибольшую лояльность вызывают рекомендации, основанные на данных о покупках, а не на поведенческих следах, которые ассоциируются с чрезмерным сбором информации. В том числе, прозрачность и контроль со стороны пользователя выступают обязательными элементами, без которых даже технически совершенные алгоритмы теряют свою эффективность.

Безопасность и прозрачность становятся главными условиями принятия персонализации. Компании, которые смогут гарантировать защиту данных и предоставить инструменты управления настройками, получат преимущество в борьбе за лояльность. Для малого бизнеса это открывает возможность постепенного внедрения персонализированных решений: начиная с простых механизмов на основе истории покупок и расширяя использование цифровых следов по мере роста доверия аудитории.

Литература

1. Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007 № 209-ФЗ (ред. от 09.04.2026) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2007. – № 31. – Ст. 4006.
2. Хончев М.А. Цифровизация малого бизнеса в России: проблемы и перспективы // Экономические системы. – 2023. – Т. 16, № 2(61). – С. 37–52. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-malogo-biznesa-v-rossii-problemy-iperspektivy (КиберЛенинка).
3. Разумова, С. В. Анализ цифрового клиентского опыта: реальность и перспективы / С. В. Разумова // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ-2024) : Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Санкт-Петербург, 25–28 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – С. 133-138. – DOI 10.18720/IEP/2024.1/31. – EDN DCWUFC.
4. Нечай, А. А. Что такое цифровой след и можно ли его скрыть? / А. А. Нечай, Е. В. Федоркевич // XXVII Царскосельские чтения. Год педагога и наставника : Материалы международной научной конференции. В 2-х томах, Санкт-Петербург, 18–19 апреля 2023 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2023. – С. 284-288. – EDN CGGKAE.
5. Цифровой след: виды, понятие, примеры – как формируется цифровой след в интернете / Яндекс Практикум. – URL: https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-cifrovoy-sled-v-internete/ (дата обращения: 05.04.2026).
6. Аналитика поведения пользователей на сайте в Яндекс Метрике / Яндекс. – URL: https://yandex.ru/adv/metrika/analitika-povedeniya (дата обращения: 05.04.2026).
7. Романов, Р. С. Роль, сущность и особенности автоматизированных систем мониторинга и анализа данных, содержащихся в социальных сетях / Р. С. Романов, О. Н. Панамарева, Д. А. Сухарев // Молодежный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2025. – Т. 5, № 3(19). – С. 74-84. – DOI 10.51639/2713-0576_2025_5_3_74. – EDN UGPIDA.
8. Дегтярев, В. А. Персонализация клиентского опыта на основе искусственного интеллекта в ритейле: российский и международный опыт / В. А. Дегтярев, Р. К. Лукъянов // Экономика: вчера, сегодня, завтра : Сборник статей III Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 апреля 2025 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 49-51. – EDN UHRXGJ.
9. Кант М.Д.Р. Лояльность потребителей в условиях цифровизации экономики как объект исследования // Инновации и инвестиции. 2022. № 12. С. 293-298.
10. Соболева, Ю. П. Управление лояльностью потребителей в условиях цифровизации экономики / Ю. П. Соболева, И. А. Мещанкин // Вестник экономики, права и социологии. – 2024. – № 4. – С. 369-373. – DOI 10.24412/1998-5533-2024-4-369-373. – EDN REOKXS.
11. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 24.06.2025) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 31 (ч. 1). – Ст. 3451.
12. Минцифры предложило запретить крупному бизнесу использовать иностранные «облака» // Forbes.ru. URL: https://www.forbes.ru/tekhnologii/543533-mincifry-predlozilo-zapretit-krupnomu-biznesu-ispol-zovat-inostrannye-oblaka?ysclid=moeq4zfkya650501892 (дата обращения: 05.04.2026).
13. Шипов, С. В. Теоретические основы и современные подходы к использованию больших данных и алгоритмов машинного обучения в управлении клиентским опытом / С. В. Шипов, М. В. Кирьякова // Экономическое развитие России. – 2025. – Т. 32, № 11. – С. 361-364. – EDN LMGDHI.
14. Интеллектуальный анализ данных и обработка Big Data с применением ML-технологий для эконометрического и финансового моделирования / К. И. Кусербаев, М. М. Супрунов, Е. С. Крючков // Вестник евразийской науки. - 2025. - Т. 17. - № s2. - URL: https://esj.today/PDF/42FAVN225.pdf.
15. Любинский М. С. Применение алгоритмов машинного обучения для сегментации клиентов в CRM-системах на основе анализа больших данных // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-algoritmov-mashinnogo-obucheniya-dlya-segmentatsii-klientov-v-crm-sistemah-na-osnove-analiza-bolshih-dannyh (дата обращения: 03.04.2026).
16. Ozon поможет продавцам спрогнозировать спрос на товары с помощью машинного обучения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://www.tadviser.ru/ (04.04.2026).

17. Рыжкова Т.Б., Тарасенко Е.А. Потенциальные возможности и ограничения управления клиентским опытом покупателей продуктов для укрепления здоровья на российских онлайн-маркетплейсах Яндекс.Маркет, Ozon и Wildberries // Наука и искусство управления / Вестник Института экономики, управления и права Российского государственного гуманитарного университета. 2023. № 2. С. 45–57. DOI: 10.28995/2782-2222-2023-2- 45-57.
18. Кравченко Е.С., Каращук О.С. Оценка цифрового клиентского опыта и лояльности покупателей при покупке товаров онлайн // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. №3. Т.2. С. 201–211. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.03.02.024
19. Михайленко Н.Н. Цифровые платформы и развитие бизнеса: исследование влияния и практические примеры // Современная экономика: проблемы и решения. 2023. №8 (164). С. 33–48. DOI: 10.17308/meps/2078- 9017/2023/8/33-48.
20. Зыкина, Э. Д. Исследование клиентского опыта при взаимодействии с технологией чат-ботов / Э. Д. Зыкина, Я. Ю. Салихова // Управление бизнесом в цифровой экономике : седьмая международная конференция, Санкт-Петербург, 21–22 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2024. – С. 181-184. – EDN LEFUER.
21. Собиров, Б. Ш. Клиентский опыт бизнеса: новые формы в условиях цифровых экосистем / Б. Ш. Собиров // Modern Science. – 2021. – № 4-3. – С. 154-157. – EDN GNSKXA.

Customer experience personalization in small business: digital trace processing algorithms and their impact on customer loyalty

Kachanov A.S.
Moscow State University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The research addresses the challenge of identifying effective mechanisms for retaining consumer audiences amid growing competition in the small business sector of the Russian Federation. Limited resources and a lack of specialized competencies in small enterprises hinder the adoption of personalization technologies proven in large corporations. The methodology is based on an online survey with mini-case elements (scenarios of interaction with personalized offers) among active online shoppers (400 respondents, margin of error ±5 %, confidence level 95 %). The study analyzed methods for collecting and processing digital traces (behavioral, transactional, social, geolocation data) and assessed the relationship between the degree of customer experience personalization and loyalty metrics (NPS – Net Promoter Score, CSI – Customer Satisfaction Index, LTV – Lifetime Value). The results confirmed the hypothesis that systematic use of digital trace processing algorithms enhances consumer loyalty but revealed limitations related to privacy perception and data collection transparency. It was found that 74 % of respondents consider personalized communications useful, 72 % note the impact of personalization on the decision to return to a store/app, and 76 % identify data security guarantees as a key condition for trust. The practical application of the findings includes developing recommendations for small businesses to gradually implement personalization strategies − from simple algorithms based on purchase history to advanced recommendation mechanisms in CRM systems (e.g., Bitrix24, amoCRM) − and proposing standards for data collection transparency to regulators.

Keywords: customer experience personalization, small business, digital traces, customer loyalty, NPS, CSI, LTV, data processing, data collection transparency, data security.

References

1. Federal Law No. 209-FZ of July 24, 2007 “On the Development of Small and Medium-Sized Enterprises in the Russian Federation” (as amended on April 9, 2026). Sobranie zakonodatelstva Rossiiskoi Federatsii [Collection of Legislation of the Russian Federation], 2007, no. 31, art. 4006. (In Russ.).
2. Khonchev M. A. Digitalization of small business in Russia: problems and prospects. Ekonomicheskie sistemy [Economic Systems], 2023, vol. 16, no. 2(61), pp. 37–52. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-malogo-biznesa-v-rossii-problemy-iperspektivy (In Russ.).
3. Razumova S. V. Analysis of digital customer experience: current state and prospects. Intellektualnaya inzhenernaya ekonomika i Industriya 5.0 (INPROM-2024): Sbornik trudov X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Intelligent Engineering Economics and Industry 5.0 (INPROM-2024): Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference], St. Petersburg, April 25–28, 2024. St. Petersburg, POLYTECH-PRESS, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2024, pp. 133–138. DOI: 10.18720/IEP/2024.1/31. EDN: DCWUFC. (In Russ.).
4. Nechay A. A., Fedorkevich E. V. What is a digital footprint and can it be hidden? XXVII Tsarskoselskie chteniya. God pedagoga i nastavnika: Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii [27th Tsarskoye Selo Readings. Year of the Teacher and Mentor: Proceedings of the International Scientific Conference], St. Petersburg, April 18–19, 2023, vol. 1. St. Petersburg, Pushkin Leningrad State University, 2023, pp. 284–288. EDN: CGGKAE. (In Russ.).
5. Digital footprint: types, concept, and examples of how a digital footprint is formed on the Internet. Yandex Practicum. Available at: https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-cifrovoy-sled-v-internete/ (accessed April 5, 2026). (In Russ.).
6. Website user behavior analytics in Yandex Metrica. Yandex. Available at: https://yandex.ru/adv/metrika/analitika-povedeniya (accessed April 5, 2026). (In Russ.).
7. Romanov R. S., Panamareva O. N., Sukharev D. A. The role, nature, and characteristics of automated systems for monitoring and analyzing data contained in social networks. Molodezhnyi vestnik Novorossiiskogo filiala Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova [Youth Bulletin of the Novorossiysk Branch of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov], 2025, vol. 5, no. 3(19), pp. 74–84. DOI: 10.51639/2713-0576_2025_5_3_74. EDN: UGPIDA. (In Russ.).
8. Degtyarev V. A., Lukyanov R. K. Personalization of customer experience based on artificial intelligence in retail: Russian and international experience. Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra: Sbornik statei III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Economics: Yesterday, Today, Tomorrow: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference], Penza, April 15, 2025. Penza, Nauka i Prosveshchenie Publ., 2025, pp. 49–51. EDN: UHRXGJ. (In Russ.).
9. Kant M. D. R. Consumer loyalty in the digital economy as a research subject. Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments], 2022, no. 12, pp. 293–298. (In Russ.).
10. Soboleva Yu. P., Meshchankin I. A. Consumer loyalty management in the digital economy. Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii [Bulletin of Economics, Law and Sociology], 2024, no. 4, pp. 369–373. DOI: 10.24412/1998-5533-2024-4-369-373. EDN: REOKXS. (In Russ.).
11. Federal Law No. 152-FZ of July 27, 2006 “On Personal Data” (as amended on June 24, 2025). Sobranie zakonodatelstva Rossiiskoi Federatsii [Collection of Legislation of the Russian Federation], 2006, no. 31, pt. 1, art. 3451. (In Russ.).
12. The Ministry of Digital Development proposed banning large businesses from using foreign cloud services. Forbes.ru. Available at: https://www.forbes.ru/tekhnologii/543533-mincifry-predlozilo-zapretit-krupnomu-biznesu-ispol-zovat-inostrannye-oblaka?ysclid=moeq4zfkya650501892 (accessed April 5, 2026). (In Russ.).
13. Shipov S. V., Kiryakova M. V. Theoretical foundations and modern approaches to the use of big data and machine learning algorithms in customer experience management. Ekonomicheskoe razvitie Rossii [Russian Economic Development], 2025, vol. 32, no. 11, pp. 361–364. EDN: LMGDHI. (In Russ.).
14. Kuserbaev K. I., Suprunov M. M., Kryuchkov E. S. Data mining and Big Data processing using ML technologies for econometric and financial modeling. Vestnik evraziiskoi nauki [The Eurasian Scientific Journal], 2025, vol. 17, no. S2. Available at: https://esj.today/PDF/42FAVN225.pdf. (In Russ.).
15. Lyubinskii M. S. Application of machine learning algorithms for customer segmentation in CRM systems based on big data analysis. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-algoritmov-mashinnogo-obucheniya-dlya-segmentatsii-klientov-v-crm-sistemah-na-osnove-analiza-bolshih-dannyh (accessed April 3, 2026). (In Russ.).
16. Ozon will help sellers forecast product demand using machine learning. Available at: https://www.tadviser.ru/ (accessed April 4, 2026). (In Russ.).
17. Ryzhkova T. B., Tarasenko E. A. Potential opportunities and limitations of managing the customer experience of health product buyers on the Russian online marketplaces Yandex Market, Ozon, and Wildberries. Nauka i iskusstvo upravleniya / Vestnik Instituta ekonomiki, upravleniya i prava Rossiiskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta [Science and Art of Management / Bulletin of the Institute of Economics, Management and Law of the Russian State University for the Humanities], 2023, no. 2, pp. 45–57. DOI: 10.28995/2782-2222-2023-2-45-57. (In Russ.).
18. Kravchenko E. S., Karashchuk O. S. Assessment of digital customer experience and customer loyalty when purchasing goods online. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and Management: Problems and Solutions], 2023, no. 3, vol. 2, pp. 201–211. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.03.02.024. (In Russ.).
19. Mikhailenko N. N. Digital platforms and business development: a study of impact and practical examples. Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya [Modern Economics: Problems and Solutions], 2023, no. 8(164), pp. 33–48. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2023/8/33-48. (In Russ.).
20. Zykina E. D., Salikhova Ya. Yu. Research on customer experience when interacting with chatbot technology. Upravlenie biznesom v tsifrovoi ekonomike: sedmaya mezhdunarodnaya konferentsiya [Business Management in the Digital Economy: 7th International Conference], St. Petersburg, March 21–22, 2024. St. Petersburg, St. Petersburg State University, 2024, pp. 181–184. EDN: LEFUER. (In Russ.).
21. Sobirov B. Sh. Business customer experience: new forms in digital ecosystems. Modern Science, 2021, no. 4-3, pp. 154–157. EDN: GNSKXA. (In Russ.).

Проблемы системы управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях

Рассадин Владомир Маркович
аспирант, Базовая кафедра Благотворительного фонда поддержки образовательных программ «Капитаны» «Инновационный менеджмент и социальное предпринимательство», РЭУ им. Г.В. Плеханова, rassadinkapitany@mail.ru

Статья посвящена теме исследованию проблем системы управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях. Особое внимание уделяется попытке систематизировать проблемы управления человеческими ресурсами для последующей разработки организационно-управленческой модели. Важно отметить, что специфика данных организаций обусловливает необходимость расширенного понимания человеческих ресурсов, включающего не только штатных работников, но и активистов, волонтеров и иных участников, непосредственно вовлеченных в достижение организационных целей.

Цель исследования состоит в систематизации проблем управления человеческими ресурсами общественно-политических организаций по основным функциональным направлениям.

Методологическую основу исследования составили методы анализа, обобщения, сравнения, систематизации и типологизации научных подходов.

На основании анализа научной литературы выделены четыре взаимосвязанные группы проблем: подбор и привлечение человеческих ресурсов; их оценка; обучение и развитие; мотивация и стимулирование.

Показано, что использование традиционной модели управления персоналом применительно к общественно-политическим организациям ограничивается неоднородностью состава их человеческих ресурсов, различиями в основаниях участия, профессиональных характеристиках и мотивационных установках.

Обоснована необходимость взаимосвязи подбора, оценки, развития и стимулирования в рамках единой системы управления человеческими ресурсами.

Предложено рассматривать кадровое обеспечение общественно-политической организации как непрерывный процесс формирования и воспроизводства человеческого потенциала, обеспечивающего достижение ее целей.

Ключевые слова: человеческие ресурсы, общественно-политические организации, управление человеческими ресурсами, кадровое обеспечение, подбор, оценка, развитие, обучение, мотивация, стимулирование.

Деятельность общественно-политических организаций имеет ряд особенностей, непосредственно определяющих содержание управления человеческими ресурсами. Достижение целей таких организаций обеспечивается не только деятельностью формального аппарата и штатных работников, но и участием лиц, характер взаимодействия которых с организацией может существенно различаться. Особое значение приобретают активность, инициативность, вовлеченность и готовность участников поддерживать цели организации.

В.Н. Саенко отмечает, что функционирование современных общественных объединений обеспечивают как специализированные и квалифицированные представители, так и отдельные участники и их группы. Особенно значима роль активистов и руководителей в общественных и волонтерских движениях. Автор связывает формирование общественного объединения с процессами поиска, отбора, развития и адаптации персонала или членов объединения [1].

Это позволяет поставить вопрос о границах категории «человеческие ресурсы» применительно к общественно-политическим организациям. Ее ограничение исключительно штатными сотрудниками представляется недостаточным. Человеческие ресурсы таких организаций образуют неоднородную совокупность лиц, принимающих участие в достижении организационных целей и различающихся по характеру связи с организацией, функциям, продолжительности участия, компетенциям и мотивации.

Теоретическим основанием такого понимания выступает концепция разнообразия человеческих ресурсов С. И. Сотниковой. Автор рассматривает человеческие ресурсы как гетерогенное множество и выделяет профессионально-квалификационную, ценностно-мотивационную и организационно-культурную формы их неоднородности [2]. В совокупности данные характеристики формируют сложные различия в квалификации, исполнительской дисциплине, мотивации, убеждениях и представлениях людей.

Применительно к общественно-политическим организациям такой подход приобретает особое значение. К. А. Котова показывает, что деятельность политических организаций предполагает различные внутренние и внешние формы активности. Внутренняя деятельность включает организационные и образовательные практики, а ее содержание зависит от ресурсной базы, структуры управления и решаемых задач, одной из которых выступает пополнение кадрового состава [5].

Сходные проблемы обнаруживаются в некоммерческом секторе. Т. И. Захарова, К. В. Садыкова и Д. Е. Стюрина отмечают, что управление человеческими ресурсами НКО охватывает весь спектр кадровых процессов, тогда как ограниченность возможностей материального вознаграждения повышает значение нематериальных стимулов, неформальных коммуникаций и личности руководителя [3].

Цель исследования - систематизировать основные проблемы системы управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях и определить их взаимосвязь в рамках основных функциональных HR-процессов. Научная новизна исследования состоит в систематизации проблем по четырем функционально взаимосвязанным направлениям - подбор, оценка, развитие и стимулирование - с учетом неоднородности субъектов участия. Методологическую основу исследования составили анализ, обобщение и систематизация положений научной литературы, сравнительный и системно-структурный методы.

Исходным условием анализа проблем управления является определение специфики самого объекта управления. В общественно-политической организации человек не всегда находится с организацией в отношениях, характерных для традиционной модели занятости. Наряду с профессиональными работниками в деятельности могут участвовать активисты, сторонники и волонтеры. Поэтому организационное участие может сочетать трудовые, общественные, проектные и добровольческие формы.

В.Н. Саенко обращает внимание на повышенную субъектность человеческих ресурсов общественных объединений. Участник способен самостоятельно принимать решения и критически оценивать предъявляемые ему задачи; в неформальных объединениях он может одновременно выступать объектом управления и проводником управленческой политики организации [1].

Следовательно, ключевая проблема системы управления заключается в необходимости работать не с однородной категорией «персонал», а с совокупностью различных человеческих ресурсов. Это обстоятельство непосредственно проявляется во всех последующих кадровых процессах.

Для достижения цели исследования рассмотрим проблемы подбора, оценки, развития и стимулирования в управлении человеческими ресурсами общественно-политических организаций.

Первой функциональной группой являются проблемы подбора и привлечения. Их значение определяется тем, что именно на данном этапе формируется человеческий потенциал организации.

М. Ю. Бруевич, Т. В. Данилова и И. А. Зелинская рассматривают правильно подобранный кадровый состав как одно из условий успешной дея-

тельности организации. Подбор и отбор предполагают изучение профессиональных и психологических качеств кандидата и установление его пригодности для выполнения соответствующих обязанностей [4].

Однако применительно к общественно-политической организации профессионально-квалификационные параметры не могут быть единственным критерием. В условиях HR-разнообразия необходимо учитывать одновременно квалификационные и ценностно-мотивационные характеристики.

С. И. Сотникова показывает, что профессионально-квалификационная составляющая включает знания, умения, навыки и опыт, тогда как ценностно-мотивационная отражает различия потребностей, интересов и мотивов участия в деятельности [2].

Отсюда проблема подбора в системе управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях может быть сформулирована как необходимость обеспечения соответствия между потребностями организации, компетенциями человека и его мотивационно-ценностными основаниями участия при неоднородности возможных форм взаимодействия с организацией.

Вторым направлением выступает оценка. Ее сложность является прямым следствием неоднородности человеческих ресурсов. Если участники различаются характером отношений с организацией и выполняемыми функциями, то использование единого набора критериев оценки становится методологически ограниченным.

А. Д. Ишков рассматривает трудовой потенциал как единство психофизиологической, интеллектуальной и личностной составляющих. Игнорирование какой-либо из них способно привести к неполной оценке вклада работника, снижению эффективности его деятельности и потенциала развития организации [10].

В свою очередь, концепция HR-разнообразия предполагает выявление и оценку индивидуальных и групповых профессионально-квалификационных, ценностно-мотивационных и организационно-культурных различий [2].

Особенно наглядно проблема индивидуального и коллективного результата проявляется в проектной деятельности. Е. Е. Романцева отмечает, что индивидуальные задачи участников должны быть встроены в общую систему показателей таким образом, чтобы личные цели не противоречили целям команды [9].

Следовательно, проблема оценки в системе управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях заключается в необходимости построения дифференцированной системы оценки, учитывающей функции, компетенции, мотивацию и характер участия различных категорий человеческих ресурсов. Результаты оценки должны служить основанием для определения дефицита компетенций, выбора направлений обучения и корректировки механизмов стимулирования.

Проблема оценки плавно переходит в третью группу проблем связаных с обучением и развитием человеческих ресурсов. Ее значимость возрастает вследствие того, что привлечение необходимых специалистов не всегда возможно, а задачи организации могут требовать постоянного обновления компетенций уже имеющихся участников. При этом важно отметить, что обучение и развитие человеческих ресурсов подразумевают по собой устойчивое направление управления человеческими ресурсами [8]. Среди актуальных тенденций исследователи выделяют непрерывность обучения, повышение квалификации и переподготовку, ориентацию обучения на индивидуальные потребности, а также использование цифровых образовательных платформ и новых технологий [8]. В связи с этим, на наш взгляд, следует рассмотреть стратегический подход развития сотрудников. В рамках такого подхода обязательными элементами развития управления человеческих ресурсами будут являться адаптация к организационной культуре, карьерное планирование, устранение дефицита профессиональных навыков и постоянную обратная связь [7]. А для реализации стратегического подхода важно применять методы наставничества, взаимообучение, обучение при приеме на работу и микрообучение [7].

Для общественно-политических организаций данные положения имеют двойное значение. С одной стороны требуется профессиональное развитие работников, с другой стороны необходимо одновременно формировать компетенции активистов и других участников.

Таким образом, программа развития компетенций может быть поделена на 7 этапов:

оценка имеющихся компетенций;

выявление дефицита компетенций;

определение образовательной потребности;

Обучение;

практическое применение;

повторная оценка;

Построение дальнейшей траектории развития.

Рассмотрим четвертое направление системы управления человеческими ресурсами связаное с проблемой мотивации человеческих ресурсов. Для общественно-политических организаций эта проблема имеет особую значимость вследствие различий между участниками по основаниям вовлечения и степени формализации отношений. Если обратить внимание на проблемы кадрового обеспечения некоммерческих организаций, то мы сможем заметить, что эти проблемы сопоставимы с общественно-политическими организациями. Это связано с тем, что существенную роль в таких организациях играют нематериальные стимулы и возможность участия в решении социально значимых задач [3].

С. И. Сотникова показывает, что ценностно-мотивационное разнообразие связано с различиями потребностей, интересов, ценностных ориентаций и мотивов участия людей в деятельности и управлении организацией [2]. Следовательно, система стимулирования должна учитывать различные мотивационные профили участников.

Применительно к общественно-политической организации проблема стимулирования заключается в необходимости сочетания индивидуальных и коллективных, материальных и нематериальных стимулов с учетом характера участия человека, его потребностей, компетенций и степени вовлеченности.

Мы установили, что выделенные проблемы управления человеческими ресурсами в общественно-политических организациях нельзя рассматривать отдельно друг от друга. Подбор, оценка, развитие и стимулирование образуют взаимозависимые элементы единой системы.

На этапе подбора определяется первоначальное соответствие человека требованиям организации. Последующая оценка позволяет установить фактический уровень его компетенций и результативности, выявить направления развития. Обучение обеспечивает восполнение обнаруженных дефицитов и расширение возможностей участия. Система стимулирования поддерживает заинтересованность в применении и дальнейшем развитии сформированных компетенций.

Разрыв этой последовательности снижает результативность всей системы. Подбор без последующей адаптации и развития не обеспечивает воспроизводства кадрового потенциала. Оценка, не связанная с развитием и стимулированием, превращается преимущественно в контрольную процедуру. Обучение без диагностики потребностей рискует приобрести формальный характер. Стимулирование без учета различий между участниками не обеспечивает необходимой устойчивости мотивации.

Таким образом, установлено, что потребность общественно-политической организации в человеческих ресурсах и требования к ним не обязательно должны оставться постоянными. На различных этапах деятельности может изменяться востребованность определенных компетенций, интенсивность привлечения участников, содержание выполняемых ими функций и применяемые способы стимулирования.

Проведенный анализ научной литературы позволяет сделать вывод, что проблемы системы управления человеческими ресурсами общественно-политических организаций обусловлены прежде всего спецификой самого объекта управления. Человеческие ресурсы таких организаций не являются однородной совокупностью. Они различаются по профессионально-квалификационным характеристикам, мотивационным установкам, выполняемым функциям и формам взаимодействия с организацией.

Анализ позволил выделить четыре ключевые группы проблем: подбор и привлечение; оценка; обучение и развитие; мотивация и стимулирование. Подбор должен учитывать компетентностное и ценностно-мотивационное соответствие человека организационным задачам. Оценка требует дифференциации критериев в зависимости от функций и характера участия. Обучение должно быть включено в последовательную систему воспроизводства компетенций. Мотивационная система должна сочетать материальные и нематериальные, индивидуальные и коллективные стимулы.

Главный результат исследования состоит в том, что проблемы подбора, оценки, развития и стимулирования целесообразно рассматривать не изолированно, а как функционально взаимосвязанные элементы единой системы управления человеческими ресурсами общественно-политической организации. Перспективным направлением дальнейшего исследования является разработка организационно-управленческой модели, дифференцирующей инструменты работы с различными категориями человеческих ресурсов.

Литература

1. Саенко В. Н. Управление человеческими ресурсами в современных общественных объединениях // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. 2022. № 1 (5). С. 95-103.

2. Сотникова С. И. Разнообразие человеческих ресурсов как научный концепт и социально-экономический феномен // Экономика труда. 2022. Т. 9. № 10. С. 1541-1558.

3. Захарова Т. И., Садыкова К. В., Стюрина Д. Е. Проблемы кадровой обеспеченности НКО // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2023. Т. 17. № 1. С. 49-55.

4. Бруевич М. Ю., Данилова Т. В., Зелинская И. А. Специфика подбора и набора персонала в некоммерческой организации // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2018. № 4 (41). С. 39-41.

5. Котова К. А. Деятельность в региональных молодежных политических организациях: сравнительный анализ форм активности // Знание. Понимание. Умение. 2012. № 4. С. 307-309.

6. Бахлова Ольга Владимировна, Макшаева Евгения Николаевна Тема волонтерства в политическом дискурсе (по материалам официальных сайтов Президента России и парламентских партий) // Управленческое консультирование. 2024. №6 (186). С. 99-113.

7. Арефьева А. А. Современные методы корпоративной системы обучения и развития сотрудников // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2024. № 1 (48). С. 93-100.
8. Ананченкова П. И. Обучение и развитие сотрудников — устойчивый тренд управления человеческими ресурсами в системе социально-трудовых отношений // Ученые записки Российской академии предпринимательства. 2023. Т. 22. № 3. С. 101-106.
9. Романцева Е. Е. Мотивация проектных команд: к проблеме сбалансированного подхода // Теория и практика общественного развития. 2025. № 2. С. 68-73.
10. Ишков А. Д. Пути преодоления дефицита кадров: эффективное использование трудового потенциала работников // ЕГИ. 2024. №4 (54). С. 401-407.
11. Логинов А. В. Теория политического цикла как методологическая основа для исследования политического процесса // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2011. № 4 (20). С. 9–19.

Problems of the human resource management system in socio-political organizations

Rassadin V.M.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines problems in the human resource management system of socio-political organizations. Particular attention is paid to systematizing human resource management problems as a basis for the subsequent development of an organizational and managerial model. The specific nature of these organizations calls for a broader understanding of human resources that includes not only salaried employees but also activists, volunteers, and other participants directly involved in achieving organizational goals.

The purpose of the study is to systematize human resource management problems in socio-political organizations across the main functional areas.

The methodological framework comprises analysis, generalization, comparison, systematization, and typologization of scholarly approaches.

Based on the literature analysis, four interrelated groups of problems are identified: recruitment and attraction of human resources; assessment; training and development; motivation and incentives.

The study substantiates the need to integrate recruitment, assessment, development, and incentives within a unified human resource management system.

Human resource provision is proposed as a continuous process of forming and reproducing the human potential required to achieve organizational goals.

Keywords: human resources, socio-political organizations, human resource management, human resource provision, recruitment, assessment, development, training, motivation, incentives.

References

1. Saenko V. N. Human Resource Management in Contemporary Public Associations // Teleskop: Journal of Sociological and Marketing Research. 2022. No. 1 (5). pp. 95–103.
2. Sotnikova S. I. Human Resource Diversity as a Scientific Concept and Socio-Economic Phenomenon // Labor Economics. 2022. Vol. 9. No. 10. pp. 1541–1558.
3. Zakharova T. I., Sadykova K. V., Styurina D. E. Problems of Staffing in Non-Profit Organizations // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2023. Vol. 17. No. 1. pp. 49–55.
4. Bruevich M. Yu., Danilova T. V., Zelinskaya I. A. Specific Features of Personnel Recruitment and Selection in a Non-Profit Organization // Psychological and Pedagogical Problems of Human and Social Security. 2018. No. 4 (41). pp. 39–41.
5. Kotova K. A. Activities in Regional Youth Political Organizations: A Comparative Analysis of Forms of Activity // Knowledge. Understanding. Skill. 2012. No. 4. pp. 307–309.
6. Bakhlova O. V., Makshaeva E. N. Volunteering in Political Discourse (Based on the Official Websites of the President of Russia and Parliamentary Parties) // Administrative Consulting. 2024. No. 6 (186). pp. 99–113.
7. Arefieva A. A. Modern Methods of the Corporate Employee Training and Development System // Bulletin of Moscow Witte University. Series 1: Economics and Management. 2024. No. 1 (48). pp. 93–100.
8. Ananchenkova P. I. Employee Training and Development as a Sustainable Trend in Human Resource Management within the System of Social and Labor Relations // Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. 2023. Vol. 22. No. 3. pp. 101–106.
9. Romantseva E. E. Motivation of Project Teams: Toward a Balanced Approach // Theory and Practice of Social Development. 2025. No. 2. pp. 68–73.
10. Ishkov A. D. Ways to Overcome Staff Shortages: Effective Use of Employees' Labor Potential // Natural-Humanitarian Studies. 2024. No. 4 (54). pp. 401–407.
11. Loginov A. V. Political Cycle Theory as a Methodological Basis for Studying the Political Process // University Proceedings. Volga Region. Social Sciences. 2011. No. 4 (20). pp. 9–19.

Рынок труда в условиях экономической трансформации: вызовы и адаптационные механизмы

Абрамов Артём Олегович
магистрант, кафедра статистики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, aoabramov@yandex.ru

Актуальность заявленной проблематики аргументируется исчерпанием экстенсивной модели занятости в российской экономике. По сути, исторически минимальная незанятость трансформировалась из традиционного индикатора макроэкономического благополучия в весьма жесткий барьер для производственного роста. Между тем, в профильной научной среде до сих пор сохраняются дискуссионные противоречия относительно природы текущих вызовов. Одни теоретики видят корень сложностей именно в наследии демографических спадов прошлого. В противовес им формируется позиция, которая указывает на явный структурный дисбаланс. Он усугубляется проникновением алгоритмов машинного обучения; они парадоксальным образом не приводят к масштабному сокращению штатов, а лишь видоизменяют рабочие функции, разгоняют «квалификационный голод». Цель работы заключается в анализе деформаций трудовой конъюнктуры и систематизации прикладных корпоративных подходов к преодолению ресурсного дефицита. Автор приходит к выводу, что классические тактики агрессивного «переманивания» специалистов деньгами утратили свою эффективность. Компании вынуждены отходить от реактивного управления и внедрять сложную социальную инженерию. Как представляется, наиболее надежными инструментами адаптации сегодня служат интеграция предиктивных аналитических моделей внутренней ротации кадров; развитие форматов реверсивного наставничества на промышленных площадках; легализация межкорпоративных B2B-платформ в целях обмена линейными сотрудниками. Представленные в статье авторские рекомендации окажутся практически релевантными директорам по организационному развитию реального сектора, независимым аналитикам, представителям регулирующих ведомств (при проектировании обновленных федеральных программ переподготовки населения).

Ключевые слова: адаптационные стратегии, безработица, искусственный интеллект, кадровый дефицит, производительность труда, шеринг персонала, экономическая трансформация.

Введение

Российский сегмент трудовых отношений в период с 2022 по 2026 гг. переживает фазу структурных преобразований. Их специфика едва ли имеет прямые аналоги в новейшей макроэкономической истории. По существу, национальное хозяйство столкнулось с одновременным действием целого ряда шоков. Так, произошло масштабное изменение логистических цепочек. Осуществилась форсированная переориентация экспортно-импортных потоков. Запустились ускоренные процессы импортозамещения (на фоне объективных демографических ограничений). Как представляется, именно сфера занятости стала тем ключевым балансиром, который принял на себя основное давление внешней среды и обеспечил общую операционную устойчивость предприятий. Впрочем, подобная резистентность не прошла бесследно. На смену привычным страхам перед массовыми увольнениями пришел устойчивый «кадровый голод».

Очевидно, что исчерпание экстенсивных резервов рабочей силы требует качественного пересмотра парадигм управления персоналом (и на микроэкономическом, и на макроэкономическом уровнях). Традиционные теоретические концепты, в частности, кривая Филлипса, в текущих реалиях демонстрируют свою очевидную ограниченность. Имеет место нетипичная картина. Исторический минимум незанятости населения напрямую соседствует с жесткими барьерами для расширения производственного выпуска из-за физической нехватки рабочих рук. Одновременно с этим, «демографические ямы», которые были вызваны спадом рождаемости в 1990-х гг., накладываются на увеличивающийся спрос со стороны обрабатывающей промышленности, высокотехнологичных секторов [1, 11]. В связи с этим отметим, что экстенсивный вектор развития бизнеса, который относительно долго опирался на постоянный приток недорогих трудовых ресурсов, фактически зашел в тупик. Субъектам хозяйствования приходится форсированно искать внутренние резервы эффективности. Они внедряют автоматизацию; интегрируют алгоритмы машинного обучения.

В статье автор нацелен на решение нескольких задач. Так, требуется проанализировать актуальную статистическую фактуру. Необходимо оценить влияние искусственного интеллекта на архитектуру занятости. Важно систематизировать прикладные стратегии преодоления ресурсного дефицита.

Материалы и методы исследования

Методологический базис работы выстроен на основных принципах системного и институционального анализов. Эмпирическую основу статьи составили актуальные агрегированные данные Федеральной службы государственной статистики, профильные бюллетени Центрального банка, результаты конъюнктурных опросов руководителей промышленных предприятий. Использование комплексного эмпирического подхода позволило достоверно зафиксировать не только «сухие» количественные изменения на рынке труда, но и выявить качественные сдвиги внутри корпоративных стратегий найма. Именно сознательный отказ от умозрительных абстракций в пользу предметного наблюдения обеспечил практическую релевантность итоговых выводов.

Результаты и обсуждение

Актуальные макроиндикаторы 2025 г. и первой половины 2026 г. иллюстрируют завершение перехода от рынка работодателя к жесткому рынку соискателя. Уровень безработицы в России по итогам прошлого года снизился до минимальных значений и составил всего 2,13% от общей численности рабочей силы. Для корректного сравнения укажем, что в 2024 г. этот же показатель находился на отметке 2,43% [7, 13]. Примечательно, что осенью 2025 г. статистические ведомства фиксировали абсолютные минимумы. В августе значение опускалось до 2,1%, после чего последовал едва заметный технический отскок до 2,2% в начале текущего 2026 г. [7, 13]. Указанная динамика говорит в пользу практически полного исчерпания свободных людских резервов. Видимо, стандартные инструменты рекрутинга через открытые площадки объявлений более не способны удовлетворить запросы реального сектора экономики. Данные изменения отчетливо прослеживаются в сводной статистике (см. таблицу 1).

Таблица 1
Динамика ключевых индикаторов рынка труда в Российской Федерации (2023-2026 гг.) (составлено на основе [7, 13])

Год	Уровень безработицы, %	Рост реальной заработной платы, г/г, %	Доля промышленных предприятий, которые заявляют о нехватке кадров, %
2023	3,20	7,8	61
2024	2,43	8,5	82
2025	2,13	6,2	78
2026 (I полугодие)	2,20	2,8	75

Здесь целесообразно рассмотреть феномен придерживания персонала. Этот механизм исторически встроен в отечественную экономическую модель. Вместо прямых сокращений штата в периоды локальной нестабильности или перестройки бизнес-процессов компании предпочитают переводить специалистов на неполное рабочее время. Это помогает сохранить коллектив

до момента восстановления спроса. Согласно данным аналитических докладов, в конце 2025 г. численность частично занятых граждан выросла на 22,9% в годовом выражении, составив 1,58 млн человек. Из них 13,4% находились в состоянии официального простоя [12]. Часть номинально трудоустроенного населения фактически недоиспользуется. По-видимому, именно этот скрытый пласт представляет собой наиболее перспективный ресурс для межотраслевого перераспределения.

В сопоставлении с более ранними подходами, когда предприятия могли позволить себе агрессивную «зарплатную гонку», текущая конъюнктура диктует иные правила. Бизнес функционирует в реалиях жесточайших ресурсных ограничений. Фокус смещается с экстенсивного «переманивания» специалистов на удержание уже имеющихся команд [5, 6, 8].

Отдельного внимания заслуживает фактор технологической трансформации. Благодаря введению в практику инструментария машинного обучения обеспечивается двойственный эффект для кадровой сферы. С одной стороны, экспертные оценки текущего 2026 г. показывают, что примерно треть занятых в экономике граждан сталкивается со значимым риском изменения их повседневных рабочих задач под влиянием алгоритмов [2]. Между тем, разумно предположить, что страхи перед массовым технологическим замещением сильно преувеличены. Полная автоматизация, при которой предполагается стопроцентная передача функций от человека машине, грозит менее чем 1% рабочих мест в среднесрочной перспективе [14].

На предприятиях, интегрировавших интеллектуальные системы в свои операционные циклы, показатель занятости в среднем сокращается на 0,79 процентного пункта [3, 15]. Но если крупные корпорации действительно оптимизируют численность линейного офисного персонала, то средний бизнес поступает иначе. Компании задействуют высвободившиеся ресурсы в целях расширения штата высококвалифицированных разработчиков. По существу, происходит не уничтожение рабочих мест как таковых, а структурный дисбаланс. Спрос смещается от рутинных административных функций к сложным аналитическим, инженерным ролям. В итоге лишь усиливается «квалификационный голод». Образовательной системе приходится наращивать темпы подготовки специалистов.

Наибольшее напряжение концентрируется не в офисном звене. Основной урон пришелся на сегмент «синих воротничков». Наиболее острый дефицит предложения фиксируется на предприятиях агропромышленного комплекса, в сфере жилищно-коммунального хозяйства, обрабатывающих производствах, логистике. Одновременно с этим, регулирующие органы фиксируют локальные изменения производственной активности. Например, летом 2026 г. наблюдалось определенное «охлаждение» спроса на платные услуги. И это несколько ослабило кадровую напряженность в секторе гостеприимства [4, 10].

Бизнес отвечает на обозначенные вызовы формированием совершенно новых стратегий выживания. В отличие от предыдущих подходов, которые были сфокусированы на точечном закрытии вакансий деньгами, современные кадровые политики становятся базисом управления операционными рисками. Хозяйствующие субъекты пересматривают возрастные цензы. Они массово привлекают кандидатов старше 50 лет. Снижают барьеры для молодежи до 18 лет. Инвестируют огромные бюджеты в кросс-функциональное переобучение [4, 10] (таблица 2).

Таблица 2
Отраслевая специфика адаптационных механизмов российского бизнеса в 2026 г. (составлено на основе [4, 10])

Отрасль	Основной характер ограничений	Приоритетный механизм адаптации
Обрабатывающая промышленность	Острая нехватка мастеров производственного звена	Интеграция когорт 50+ и внутрикорпоративное переобучение
Агропромышленный комплекс	Географический и количественный дефициты	Вахтовая ротация кадров; внедрение точечной роботизации
Информационные технологии	Нехватка компетенций уровня Middle и Senior	Активное использование искусственного интеллекта, аутстаффинг
Сфера услуг, ритейл	Экстремально высокая текучесть линейных кадров	Снижение формальных требований к образованию и опыту

На основании отмеченного подчеркнем, что простое ожидание изменения макроэкономической конъюнктуры сегодня является заведомо проигрышной тактикой. Для устойчивого развития в условиях перманентной ограниченности человеческих ресурсов требуется обращение к превентивным управленческим моделям. Целесообразно сформулировать конкретные рекомендации для отечественного корпоративного сектора. Каждая из них призвана решить четко очерченную проблему «ресурсного голода».

Так, значимой инициативой служит интеграция предиктивных моделей кадровой ротации на основе алгоритмов машинного обучения. Назначение описываемого инструмента состоит в сокращении издержек на внешний рекрутинг и весомом снижении показателя текучести. Новизна подхода проявляется в переходе от реактивной замены уже уволившихся сотрудников к предупредительному обнаружению риска профессионального выгорания. Система способна автоматически предлагать специалисту горизонтальную ротацию внутри предприятия до того, как он напишет заявление об уходе. Характеризуется мера помогает купировать локальный квалификационный дефицит за счет максимального раскрытия потенциала уже нанятых, лояльных компании людей.

Еще одним полезным шагом видится массовое введение в практику формата реверсивного и кросс-поколенческого наставничества на промышленных площадках. Смысл этой стратегии выражен в ускоренной адаптации новых технологических инструментов внутри консервативных коллективов. Новое в инициативе заключается в формировании нетипичных симбиотических рабочих пар. В подобных связках опытные мастера старше пятидесяти лет передают молодежи фундаментальные производственные знания. А недавние выпускники обучают старших коллег работе с цифровыми двойниками оборудования и нейросетевыми интерфейсами. Внедрение подобных практик поможет разрешить весьма острую проблему возрастных стереотипов при найме. При этом нивелируется риск безвозвратной потери критически важных компетенций при естественной смене поколений на заводах.

Следующий рекомендательный аспект охватывает синхронизацию программ удержания персонала с региональными центрами компетенций для грамотного управления скрытой незанятостью. Назначение механизма состоит в легализации и действенном использовании того самого пула сотрудников, которые находятся в частичном простое. Новизна идеи базируется на создании легитимных межкорпоративных B2B-платформ шеринга персонала. Подобная инфраструктура даст предприятиям возможность временно обмениваться линейными специалистами без разрыва их основных трудовых контрактов. Реализация описываемого подхода поспособствует ликвидации парадокса неэффективного придерживания рабочей силы. А именно он сейчас выступает в качестве мощного тормоза для роста производительности труда в масштабах всей национальной экономики.

Наконец, уместно согласиться с позицией Т. Н. Леоновой, В. Ю. Синеглазовой, М. Я. Эйгеля в том, что «…в современных условиях критически важно поддерживать баланс между потребностями рынка труда и уровнем подготовки специалистов, создать условия для непрерывного профессионального развития, обеспечить эффективную профессиональную ориентацию молодежи с учетом перспективных направлений развития экономики» [9]. Помимо этого, нужно решить вопрос опережающей подготовки кадров, в том числе, освоения новых и перспективных компетенций.

Заключение

Отечественная сфера трудовых отношений миновала фазу адаптационного шока; она вступила в стадию долгосрочной, фундаментальной структурной перестройки. Как показал анализ статистических сводок, исторически низкие показатели незанятости населения больше не являются однозначным маркером безусловного экономического благополучия. Напротив, в текущей макроэкономической парадигме они предстают индикатором жестких барьеров, напрямую ограничивающих темпы расширения реального сектора. В сопоставлении с более ранними моделями госуправления, где ключевые усилия концентрировались на искусственном стимулировании создания новых рабочих мест, современная реальность требует смещения фокуса. Теперь главной задачей становится непрерывное повышение производительности каждого отдельно взятого специалиста.

Значение представленной работы состоит в обосновании того, что классические равновесные модели рынка обладают ощутимо сниженной прогностической силой в условиях множественных неэкономических шоков. Предприятия вынуждены формировать гибридные стратегии выживания. В этих обновленных алгоритмах технологическая модернизация неразрывно связывается с социальной инженерией. Изменяются возрастные профили найма, развиваются программы обмена сотрудниками. Помимо этого, оказываются стертыми жесткие границы между отраслевыми компетенциями.

В перспективе ближайших лет рассмотренный тренд на интеллектуальную автоматизацию производственных линий и усложнение архитектуры найма лишь закрепится. Дальнейшие научные изыскания в данной предметной области разумно сориентировать на изучение долгосрочных эффектов интеграции искусственного интеллекта на уровень региональных заработных плат. Также отдельного внимания заслуживает оценка экономической отдачи от государственных программ переподготовки уязвимых категорий граждан. Именно научно выверенная синергия усилий регулирующих органов, образовательных институтов, корпоративного сектора поможет превратить текущие ограничения в прочный базис для качественного макроэкономического роста.

Литература

1. Баранников, А. Л. Анализ рынка труда в России в 2025 году: основные тенденции / А. Л. Баранников, А. Н. Литвинов, М. В. Данилина // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2025. – Т. 15, № 9-1. – С. 276-282. – DOI 10.34670/AR.2025.43.86.028. – EDN FFZQPX.
2. Бойко, А. Почти треть рабочих мест в России сталкивается с риском влияния ИИ / А. Бойко, А. Майер // URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2026/08/19/1222076-pochti-tret-rabochih-mest-v-rossii-stalkivaetsya-s-riskom-vliyaniya-ii?ysclid=mu721ibf9981561646 (дата обращения: 18.09.2026).

3. Габитова, Д. Искусственный интеллект внедрили 29% российских предприятий // URL: https://daily.afisha.ru/news/103515-iskusstvennyy-intellekt-vnedrili-29-rossiyskih-predpriyatiy/?ysclid=mu725h8sg565760439 (дата обращения: 18.09.2026).
4. Доклад «Региональная экономика: комментарии ГУ» // URL: https://www.cbr.ru/analytics/dkp/reg_review/?utm (дата обращения: 18.09.2026).
5. Евграфова, О. В. Современный российский рынок труда: тренды, динамика, роль государства / О. В. Евграфова // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2025. – № 1(58). – С. 29-34. – EDN VGJKPZ.
6. Зотов, В. Б. Пути решения национальных проблем на рынке труда / В. Б. Зотов, В. И. Голованов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2025. – Т. 252, № 2. – С. 65-82. – DOI 10.38197/2072-2060-2025-252-2-65-82. – EDN CMCEZG.
7. Иван Ермохин: «Трудовая мобильность не решит проблему дисбаланса на рынке труда» // URL: https://www.iep.ru/ru/kommentarii/ivan-ermokhin-trudovaya-mobilnost-ne-reshit-problemu-disbalansa-na-rynke-truda.html (дата обращения: 18.09.2026).
8. Кравченко, Л. А. Искусственный интеллект на рынке труда: возможности и риски интеграции / Л. А. Кравченко, И. А. Троян, М. С. Абибуллаев // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. – 2025. – № 4(73). – С. 228-244. – DOI 10.5281/zenodo.19508785. – EDN DYBLPC.
9. Леонова, Т. Н. Российский рынок труда 2030: тренды и перспективы, инструменты и механизмы / Т. Н. Леонова, В. Ю. Синеглазова, М. Я. Эйгель // Вестник университета. – 2026. – № 1. – С. 177-190. – DOI 10.26425/1816-4277-2026-1-177-190. – EDN HDLLYI.
10. Обзоры рынка труда // URL: https://stats.hh.ru/?utm (дата обращения: 18.09.2026).
11. Павлова, С. В. Об основных тенденциях на рынке труда в условиях дефицита кадров / С. В. Павлова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2025. – № 5(155). – С. 83-89. – EDN FLXFOM.
12. Парадокс «кадрового голода» 2026: почему вакансий меньше, а работать некому? // URL: https://habr.com/ru/companies/finam_broker/articles/1026686/?ysclid=mu73b5b9j680382026 (дата обращения: 18.09.2026).
13. Рынок труда, занятость и заработная плата. Росстат // URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries?utm (дата обращения: 18.09.2026).
14. Фабулин, Ф. ИИ-агенты меняют профессии по частям: полная автоматизация грозит менее 1% рабочих мест // URL: https://vibecoding.ru/news/2026/09/14/ai-agents-change-tasks?ysclid=mu723is0c596297977 (дата обращения: 18.09.2026).
15. Чекрыгина, С. Ставку закрыли, работа осталась: что на самом деле стоит за сокращениями «из-за ИИ» // URL: https://vc.ru/chekrygina_b2b/3052983-sokrashcheniya-iz-za-ii-vliyanie-na-rabochie-mesta?ysclid=mu7257qkf776768349 (дата обращения: 18.09.2026).

The labor market in the context of economic transformation: challenges and adaptation mechanisms

Abramov A.O.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The relevance of the stated problematics is argued by the exhaustion of the extensive employment model in the Russian economy. In essence, the historically minimal unemployment has transformed from a traditional indicator of macroeconomic well-being into a rather rigid barrier to production growth. Meanwhile, debatable contradictions regarding the nature of current challenges still persist in the relevant scientific community. Some theorists see the root of the difficulties precisely in the legacy of past demographic declines. In contrast to them, a position is being formed that points to an obvious structural imbalance. It is aggravated by the penetration of machine learning algorithms; they paradoxically do not lead to large-scale staff reductions, but merely modify work functions and accelerate "qualification hunger." The aim of the work is to analyze the deformations of the labor conjuncture and to systematize applied corporate approaches to overcoming the resource deficit. The author comes to the conclusion that the classical tactics of aggressively "poaching" specialists with money have lost their effectiveness. Companies are forced to move away from reactive management and to introduce complex social engineering. It seems that the most reliable adaptation tools today are the integration of predictive analytical models of internal personnel rotation; the development of reverse mentoring formats at industrial sites; and the legalization of inter-corporate B2B platforms for the exchange of line employees. The author's recommendations presented in the article will be practically relevant to directors of organizational development in the real sector, independent analysts, and representatives of regulatory agencies (when designing updated federal programs for retraining the population).

Keywords: adaptation strategies, unemployment, artificial intelligence, personnel shortage, labor productivity, staff sharing, economic transformation.

References

1. Barannikov, A.L. Analysis of the labor market in Russia in 2025: main trends / A.L. Barannikov, A.N. Litvinov, M.V. Danilina // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. – 2025. – Vol. 15, No. 9-1. – Pp. 276-282. – DOI 10.34670/AR.2025.43.86.028. – EDN FFZQPX.
2. Boiko, A. Almost a third of jobs in Russia face the risk of AI influence / A. Boiko, A. Maier // URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2026/08/19/1222076-pochti-tret-rabochih-mest-v-rossii-stalkivaetsya-s-riskom-vliyaniya-ii?ysclid=mu721ibf9981561646 (accessed: 09/18/2026).
3. Gabitova, D. Artificial intelligence has been implemented by 29% of Russian enterprises // URL: https://daily.afisha.ru/news/103515-iskusstvennyy-intellekt-vnedrili-29-rossiyskih-predpriyatiy/?ysclid=mu725h8sg565760439 (accessed: 09/18/2026).
4. Report "Regional Economy: Central Bank Comments" // URL: https://www.cbr.ru/analytics/dkp/reg_review/?utm (accessed: 09/18/2026).
5. Evgrafova, O.V. The modern Russian labor market: trends, dynamics, role of the state / O.V. Evgrafova // Academic Bulletin of the Rostov Branch of the Russian Customs Academy. – 2025. – No. 1(58). – Pp. 29-34. – EDN VGJKPZ.
6. Zotov, V.B. Ways to solve national problems in the labor market / V.B. Zotov, V.I. Golovanov // Scientific Works of the Free Economic Society of Russia. – 2025. – Vol. 252, No. 2. – Pp. 65-82. – DOI 10.38197/2072-2060-2025-252-2-65-82. – EDN CMCEZG.
7. Ivan Ermokhin: "Labor mobility will not solve the problem of imbalance in the labor market" // URL: https://www.iep.ru/ru/kommentarii/ivan-ermokhin-trudovaya-mobilnost-ne-reshit-problemu-disbalansa-na-rynke-truda.html (accessed: 09/18/2026).
8. Kravchenko, L.A. Artificial intelligence in the labor market: opportunities and risks of integration / L.A. Kravchenko, I.A. Troyan, M.S. Abibullaev // Scientific Bulletin: Finance, Banks, Investments. – 2025. – No. 4(73). – Pp. 228-244. – DOI 10.5281/zenodo.19508785. – EDN DYBLPC.
9. Leonova, T.N. Russian labor market 2030: trends and prospects, tools and mechanisms / T.N. Leonova, V.Yu. Sineglazova, M.Ya. Eyguel // University Bulletin. – 2026. – No. 1. – Pp. 177-190. – DOI 10.26425/1816-4277-2026-1-177-190. – EDN HDLLYI.
10. Labor market reviews // URL: https://stats.hh.ru/?utm (accessed: 09/18/2026).
11. Pavlova, S.V. On the main trends in the labor market in conditions of personnel shortage / S.V. Pavlova // Proceedings of St. Petersburg State University of Economics. – 2025. – No. 5(155). – Pp. 83-89. – EDN FLXFOM.
12. The paradox of "personnel hunger" 2026: why are there fewer vacancies, but no one to work? // URL: https://habr.com/ru/companies/finam_broker/articles/1026686/?ysclid=mu73b5b9j680382026 (accessed: 09/18/2026).
13. Labor market, employment and wages. Rosstat // URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries?utm (accessed: 09/18/2026).
14. Fabulin, F. AI agents are changing professions piece by piece: full automation threatens less than 1% of jobs // URL: https://vibecoding.ru/news/2026/09/14/ai-agents-change-tasks?ysclid=mu723is0c596297977 (accessed: 09/18/2026).
15. Chekrygina, S. The position was closed, the work remained: what actually stands behind "AI-driven" layoffs // URL: https://vc.ru/chekrygina_b2b/3052983-sokrashcheniya-iz-za-ii-vliyanie-na-rabochie-mesta?ysclid=mu7257qkf776768349 (accessed: 09/18/2026).

Государственная поддержка малого и среднего предпринимательства в Республике Саха (Якутия): результативность действующих инструментов и направления их перенастройки

Данилова Лариса Ивановна
доктор экономических наук, профессор, кафедра экономики и управления развитием территорий, Финансово-экономический институт, danilari@list.ru,

Абрамова Александра Ксенофонтовна
аспирант, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, aina071@mail.ru

Актуальность работы определяется расхождением между растущими объёмами государственной поддержки малого и среднего предпринимательства (МСП) в Республике Саха (Якутия) и медленным изменением качественных характеристик сектора. Цель исследования - проверить гипотезу о том, что причиной этого расхождения выступает не недостаточность финансирования, а конструкция условий доступа к инструментам поддержки и система измерения её результата. Эмпирическую базу составили данные Единого реестра субъектов МСП ФНС России, отчётность Министерства предпринимательства, торговли и туризма Республики Саха (Якутия) за 2025 год, прогноз социально-экономического развития республики на 2026–2028 годы, реестр резидентов Арктической зоны Российской Федерации, а также рецензируемые исследования по экономике северных территорий. Применены методы сопоставления заявленных объёмов поддержки с охватом совокупности субъектов сектора и межрегионального сравнения по единой методике учёта резидентов преференциального режима. Установлено, что прирост занятости в секторе за 2025 год на 8,6 % обеспечен преимущественно увеличением числа самозанятых, доля которых достигла 52,6 % занятых в МСП против 22,2 % в 2022 году, тогда как число юридических лиц и индивидуальных предпринимателей стагнирует. Прямые финансовые инструменты охватывают 0,51 % субъектов сектора. Режим Арктической зоны даёт в республике 16 резидентов против 221 в Мурманской области при исполнении инвестиционных обязательств на уровне 29 % от заявленного. Основным ограничением признано несоответствие федеральных инвестиционных порогов микропредпринимательской структуре арктических улусов. Предложены пять мер по перенастройке региональной политики с оценкой рисков каждой из них.

Ключевые слова: малое и среднее предпринимательство, Республика Саха (Якутия), Арктическая зона Российской Федерации, государственная поддержка, преференциальные режимы, результативность, самозанятость, северный завоз, налоговые льготы, региональная экономическая политика.

Введение

Республика Саха (Якутия) сочетает валовой региональный продукт на душу населения в 2,52 млн руб. по итогам 2024 г., заметно превышающий среднероссийский уровень, с сектором малого и среднего предпринимательства, устойчиво отстающим от целевых ориентиров национального проекта. Это сочетание характерно для всей северной группы регионов. Е. Н. Тимушев и М. А. Терентьева на панельных данных показали, что при ВРП на душу населения на 13 % выше среднероссийского объём банковского кредитования МСП на Севере составляет 9,6 тыс. руб. на человека против 27,8 тыс. руб. по стране, выручка МСП - 87,1 против 208,6 тыс. руб., объём отгруженных инновационных товаров - 4,3 против 20,5 тыс. руб. [1]. Причина, по их расчётам, коренится в структуре производства: доля добывающих отраслей в валовой добавленной стоимости северных регионов достигает 60 % против 14 % в среднем по России, что подавляет стимулы к развитию несырьевого торгуемого сектора.

Якутия воспроизводит эту конфигурацию в наиболее выраженном виде. Инвестиции в основной капитал в республике в 2023 г. составили 739,5 млрд руб., из которых 60,1 % направлено в инфраструктурные объекты, преимущественно связанные с ресурсными проектами. Совокупный оборот сектора МСП при этом оценивается в 400 млрд руб. Иными словами, капиталовложения крупных недропользователей за один год почти вдвое превышают годовой оборот всего малого и среднего бизнеса республики.

Степень разработанности темы неоднородна. Институциональный контур поддержки предпринимательства в республике описан М. Е. Тарасовым с соавторами [7], финансовые инструменты арктических районов Якутии проанализированы И. В. Никулкиной и В. А. Евсеевым [2], результативность механизмов поддержки в арктических условиях измерена А. П. Шихвердиевым с соавторами на материале Республики Коми [3], вклад преференциального режима Арктической зоны в развитие регионов оценён Л. В. Ларченко и В. Б. Гуляевой [4]. Вместе с тем сопоставление заявленных объёмов поддержки с фактическим охватом совокупности субъектов сектора применительно к Якутии не проводилось, а изменение структуры сектора за 2022–2025 гг. в связи с ростом самозанятости не получило интерпретации с точки зрения результативности государственной политики.

Отсюда исследовательский вопрос: если объёмы поддержки растут, а качественные характеристики сектора меняются медленно, то дефект следует искать не в недофинансировании, а в конструкции инструментов и в системе измерения результата. Цель работы - эмпирически проверить это предположение и предложить корректировку региональной политики, обоснованную сопоставимым зарубежным опытом северных и азиатских территорий.

Материалы и методы исследования

Нормативную основу исследования составили правовые акты федерального и регионального уровня в редакциях, действующих на середину 2026 г.: федеральные законы № 209-ФЗ [10], № 193-ФЗ [11], № 411-ФЗ [12], Закон Республики Саха (Якутия) 645-З № 179-IV [13], постановление Правительства Республики Саха (Якутия) № 432 в редакции от 22.01.2025 [14]. Административную статистику образуют Единый реестр субъектов МСП ФНС России [16], итоговая отчётность Министерства предпринимательства, торговли и туризма Республики Саха (Якутия) за 2025 г. [18], данные Фонда развития предпринимательства Республики Саха (Якутия), реестр резидентов Арктической зоны Российской Федерации, материалы территориального органа Росстата по Республике Саха (Якутия) [17]. Официальные плановые значения извлечены из прогноза социально-экономического развития республики на 2026 год и плановый период 2027 и 2028 годов [15]. Рецензируемые исследования по экономике северных и арктических территорий привлечены в двух функциях: как источник независимых количественных оценок и как база для сопоставления полученных результатов.

Основной метод исследования - сопоставление трёх групп величин: заявленных объёмов поддержки, охвата ею генеральной совокупности субъектов сектора и динамики результирующих показателей (число субъектов, занятость, структура занятости, оборот). Охват рассчитывался как отношение числа фактических получателей конкретного инструмента к общему числу субъектов МСП, зарегистрированных в реестре ФНС по республике. Второй метод - межрегиональное сравнение по институту резидентства Арктической зоны Российской Федерации. Выбор этого института в качестве базы сравнения обусловлен тем, что правила предоставления статуса и методика учёта единообразны для всех девяти арктических субъектов, что устраняет проблему несопоставимости региональных данных. Третий метод - нормативно-правовой анализ с выявлением количественных условий доступа (инвестиционных порогов, отраслевых ограничений) и их соотнесение со средним масштабом хозяйствующих субъектов в арктических улусах.

Ограничение методики оговаривается заранее. Административная статистика МСП в России фрагментирована, отдельные её сегменты построены на несовпадающих контурах наблюдения, вследствие чего ряд величин формально несопоставим. В настоящей работе это обстоятельство рассматривается не только как техническое ограничение, но и как самостоятельный предмет анализа.

Результаты и обсуждение

Базовая рамка задана Федеральным законом от 24.07.2007 № 209-ФЗ [10], определяющим категории субъектов, виды поддержки и разграничение полномочий. Отраслевая надстройка, релевантная для Якутии, образована тремя блоками.

Арктический блок представлен Федеральным законом от 13.07.2020 № 193-ФЗ [11], вводящим статус резидента Арктической зоны с налоговыми и административными преференциями. Существенно, что закон построен по инвестиционному принципу: право на льготу возникает не из факта ведения деятельности на территории, а из принятия инвестиционного обязательства. И. В. Никулкина и В. А. Евсеев показывают практические следствия применительно к арктическим районам Якутии: льготное кредитование по постановлению Правительства Российской Федерации № 2186 доступно при объёме инвестиций от 10 млн руб. и лишь по ограниченному перечню видов деятельности, субсидия на создание инфраструктуры - при вложениях от 300 млн руб. [2].

Логистический блок образован Федеральным законом от 04.08.2023 № 411-ФЗ «О северном завозе» [12], впервые кодифицировавшим систему завоза. Его инструменты адресованы прежде всего единому морскому оператору и категориям грузов жизнеобеспечения, а не хозяйствующим субъектам малого масштаба. Между тем именно транспортная составляющая, достигающая 80 % стоимости завозимой продукции, и топливная составляющая до 60 % себестоимости электроэнергии формируют издержечный барьер, не компенсируемый ни одной действующей мерой поддержки МСП [2].

Программный блок с 2025 г. представлен национальным проектом «Эффективная и конкурентная экономика», в состав которого включён федеральный проект по МСП. Его целевая конструкция смещена от количества субъектов к доходу на одного занятого: заявлен рост реального дохода на работника МСП темпом, в 1,2 раза опережающим динамику валового внутреннего продукта, к 2030 г.

Профильный акт - Закон Республики Саха (Якутия) от 29.12.2008 645-З № 179-IV [13], воспроизводящий федеральную рамку с добавлением региональных форм поддержки, включая специальный режим для ремесленной деятельности с определением перечня ремёсел правительством республики. Программный документ - государственная программа «Развитие предпринимательства и туризма», утверждённая постановлением Правительства Республики Саха (Якутия) от 18.07.2022 № 432 в редакции от 22.01.2025 [14], включающая семь ведомственных проектов. Налоговый контур усилен: на 2025–2029 гг. установлены пониженные ставки упрощённой системы налогообложения 4 % («доходы») и 10 % («доходы минус расходы») с сохранением минимальных ставок 1 % и 5 % для приоритетных видов деятельности.

Анализ массива региональных актов даёт следующее наблюдение. Региональное законодательство построено как надстройка над федеральным, повторяющая его логику отбора получателей. Собственных критериев, учитывающих специфику арктических улусов - сезонность оборота, транспортную изоляцию, отсутствие залоговой массы, - региональные акты практически не вводят. Единственное заметное исключение - повышенный до 1 млн руб. размер гранта для арктических территорий против 500 тыс. руб. в остальной части республики. К сходному выводу приходят М. Е. Тарасов с соавторами, фиксируя воспроизводство федеральных конструкций без адаптации к условиям Крайнего Севера [7].

Данные реестра ФНС и отчётности Министерства предпринимательства фиксируют три обстоятельства. Прирост занятости в секторе за 2025 г. составил 10 642 человека, или 8,6 %, при увеличении числа субъектов лишь на 1,2 %. Прирост занятости, следовательно, обеспечен не появлением новых хозяйствующих единиц. Источником прироста выступают самозанятые: их число выросло на 17 % и достигло 70,7 тыс. человек - 52,6 % всех занятых в секторе против 22,2 % в 2022 г. За три года структура сектора изменилась качественно: доминирующей формой участия стала форма, не создающая рабочих мест, не формирующая залоговой массы и не имеющая доступа к большинству инструментов поддержки, рассчитанных на юридические лица и индивидуальных предпринимателей. Число юридических лиц и индивидуальных предпринимателей стагнирует: за 2020–2022 гг. зафиксировано сокращение числа юридических лиц на 1,9 % и индивидуальных предпринимателей на 0,4 % [7]. Официальный прогноз закладывает выход на 49,2 тыс. субъектов к 2028 г. [15], то есть среднегодовой прирост около 2,4 %, что при сохранении текущей структуры будет обеспечено тем же источником - регистрацией плательщиков налога на профессиональный доход.

В 2025 г. Фонд развития предпринимательства Республики Саха (Якутия) предоставил 770,97 млн руб. поддержки 227 субъектам: 190 льготных займов на 553,17 млн руб. и 22 поручительства на 131,8 млн руб. [18]. В сети из 15 бизнес-инкубаторов размещены 287 резидентов с выручкой 326 млн руб. за девять месяцев и 364 созданными рабочими местами. Туристическое направление получило 30,3 млн руб. на 53 проекта.

Соотнесение с генеральной совокупностью даёт следующие величины. Прямые финансовые инструменты Фонда охватили 0,51 % субъектов МСП республики, инфраструктура бизнес-инкубаторов - 0,64 %. Совокупно, с учётом пересечения множеств получателей, интенсивными формами поддержки затронуто менее 1 % сектора. Средний размер льготного займа составил 2,9 млн руб., средняя выручка резидента инкубатора в годовом выражении - около 1,5 млн руб., что соответствует масштабу микробизнеса и не предполагает выхода на траекторию роста.

Заявленная величина совокупной поддержки в 13,6 млрд руб. требует отдельной интерпретации: она агрегирует налоговые расходы (выпадающие доходы бюджета от пониженных ставок упрощённой системы налогообложения), гарантийные обязательства, стоимость консультационных услуг и прямые бюджетные ассигнования - величины разной экономической природы, суммирование которых не образует содержательного показателя. Прямые расходы, доходящие до предпринимателя в денежной форме, на порядок меньше.

По данным реестра резидентов Арктической зоны и расчётам Л. В. Ларченко и В. Б. Гуляевой [4], фактическое исполнение в республике составляет 29 % от заявленного по инвестициям и 48 % по рабочим местам. Доля Якутии в общем числе резидентов Арктической зоны - менее 2 % при том, что на территорию республики приходится около половины площади российской Арктики. Для сравнения: в Мурманской области зарегистрировано 221 резидент против 16 в Якутии.

Л. В. Ларченко и В. Б. Гуляева объясняют разрыв между заявленными и вложенными средствами тремя факторами: неоднократной сменой концепции развития Арктической зоны, неготовностью инфраструктуры и выжидательной стратегией инвесторов; они же отмечают сохраняющееся доминирование крупного бизнеса в арктических регионах [4]. Применительно к Якутии к этому добавляется фактор инвестиционных порогов доступа. При среднем размере льготного займа регионального Фонда в 2,9 млн руб. федеральный порог в 10 млн руб. для льготного кредитования резидентов и в 300 млн руб. для инфраструктурной субсидии означает, что режим адресован субъектам, которых в арктических улусах практически нет.

А. П. Шихвердиев, А. А. Вишняков и Н. А. Оганезова, анализируя нормативные документы по поддержке МСП в арктических условиях, фиксируют отсутствие в них показателя доли МСП в валовом продукте: основным критерием служит численность занятых [3]. Следствие предсказуемо - показатель, не связанный с выпуском, растёт за счёт увеличения числа самозанятых, что и наблюдается в Якутии. Данные опроса предпринимателей, приведённые в том же исследовании, позволяют сопоставить структуру барьеров со структурой мер: главным препятствием финансовую составляющую называют 31 % респондентов; в сумме 36 % указывают на налогообложение, законодательное и административное регулирование; 14 % - на недостаточную квалификацию кадров и неэффективный менеджмент [3]. Подавляющая часть региональных инструментов адресована первой группе барьеров и охватывает менее процента субъектов, тогда как две другие группы, составляющие в совокупности половину проблемного поля, инструментами практически не покрыты.

Официальный прогноз даёт оборот сектора 434,7 млрд руб. на 2026 г. [15], тогда как экспериментальные оценки Росстата помещают долю МСП в ВРП республики в диапазон около 23 % [17]. При ВРП порядка 2,5 трлн руб. это соответствовало бы добавленной стоимости около 590 млрд руб. - величине, превышающей весь оборот сектора, что экономически невозможно, поскольку добавленная стоимость составляет часть оборота. Расхождение объясняется различием контуров наблюдения (учёт самозанятых, индивидуальных предпринимателей на патенте, внутрисекторного оборота), однако практическое следствие состоит в том, что регион не располагает верифицируемой оценкой вклада МСП в собственную экономику.

Полученные результаты позволяют выделить четыре дефекта, имеющих системный, а не исполнительский характер. Несоответствие масштаба инструмента масштабу получателя: пороги доступа к преференциям федерального уровня откалиброваны под средний бизнес, тогда как структура сектора в республике почти целиком микропредпринимательская, что ведёт к низкой наполняемости режима Арктической зоны и концентрации фактической поддержки в Якутске и промышленных центрах. Отсутствие компенсации структурного удорожания: транспортная и энергетическая составляющие издержек, достигающие соответственно 80 % стоимости завозимого товара и 60 % себестоимости электроэнергии, не адресуются ни одним действующим инструментом поддержки МСП, а льготный заём в 2,9 млн руб. не изменяет структуру издержек, определяющую нерентабельность деятельности в удалённых улусах. Индикаторное смещение: система отчётности вознаграждает рост числа зарегистрированных субъектов и занятых, что достигается администрированием режима самозанятости, а не ростом производительности и выживаемости бизнеса. Эффект ресурсного вытеснения, описанный Е. Н. Тимушевым и М. А. Терентьевой [1]: при доминировании добывающего сектора и высокой бюджетной обеспеченности региона за счёт рентных доходов у органов власти отсутствует фискальный стимул развивать несырьевое МСП, а у населения - стимул к предпринимательству по сравнению с наймом в добывающих компаниях и бюджетном секторе, что объясняет, почему наращивание объёмов поддержки само по себе не меняет положения.

Канадская модель, разобранная А. И. Потаповой на материале Северо-Западных территорий, Юкона и Нунавута, строится не на конкурсном отборе

проектов, а на программно-целевом финансировании и системе межбюджетных трансфертов, выравнивающих бюджетную обеспеченность северных территорий [5]. Логика противоположна российской: получателем поддержки выступает территория, а не проект, а предприниматель получает выгоду опосредованно - через сниженную стоимость инфраструктуры и услуг. Второй элемент канадской практики - субсидии предприятиям, у которых более половины работников относятся к коренным народам, и соглашения о выгодах между ресурсными корпорациями и местными сообществами.

Норвегия применяет фондовую модель с региональной специализацией: в Тромсё поддержка сосредоточена на циркулярной экономике, локальных брендах и рыбопереработке. Финляндия делает ставку на наукоёмкие сегменты через сеть государственно-частных технопарков и государственные центры содействия экспорту. Аляска использует механизм государственных закупок: местные субъекты МСП получают целевую поддержку для участия в тендерах, а отраслевые ассоциации выполняют функцию организованного представительства интересов сектора.

Е. Е. Сергиенко, анализируя политику стран Азиатско-Тихоокеанского региона, выделяет в качестве системообразующего элемента не финансовую помощь, а институт гарантирования обязательств и последовательную технологическую специализацию поддержки [6]. Китайская практика, включая политику провинции Цзилинь, релевантна для Якутии по структурной причине: Цзилинь - приграничная северо-восточная провинция с суровым климатом, старой промышленной базой и оттоком населения, то есть с набором ограничений, близким якутскому. Ответом там стало не универсальное субсидирование, а селективное выращивание поставщиков для крупных промышленных предприятий с требованиями к локализации закупок и с привязкой льгот к технологическому уровню, а не к факту принадлежности к категории малого бизнеса.

Сопоставление обнажает разрыв в конструкции российской региональной политики: в Якутии крупный ресурсный сектор и сектор МСП институционально не связаны - недропользователи не рассматриваются как рынок сбыта для местного малого бизнеса, инструменты локализации закупок отсутствуют. При объёме инвестиций в основной капитал 739,5 млрд руб. в год даже пятипроцентная квота локальных закупок формировала бы для сектора МСП рынок, сопоставимый с 9 % его годового оборота, - величину, несопоставимо большую, чем все прямые меры поддержки вместе взятые.

Границы переносимости при этом жёсткие. Канадская трансфертная модель предполагает иную конструкцию межбюджетных отношений, финская - наличие развитой исследовательской базы, аляскинская - сложившийся институт отраслевых ассоциаций. Перенос возможен на уровне принципов (адресация издержек вместо адресации проекта; институциональная связка МСП с крупным заказчиком), но не на уровне готовых механизмов.

Предложения формулируются как изменение конструкции политики, а не как увеличение финансирования. Необходимо дифференцировать пороги доступа к инструментам Арктической зоны по типу населённого пункта, снизив минимальный объём инвестиций для получения статуса резидента в арктических улусах с населением до 5 тыс. человек с 10 млн до 1 млн руб.; мера требует законодательной инициативы региона на федеральном уровне и может быть отработана в пилотном режиме. Следует заменить в региональной программе основной индикатор «численность занятых в МСП» связкой из двух показателей: валовая добавленная стоимость сектора на одного занятого и доля субъектов, преодолевших трёхлетний порог существования с момента регистрации; оба показателя рассчитываются на данных ФНС и не требуют введения новых форм отчётности. Необходимо ввести компенсацию транспортной составляющей издержек в форме сертификата на перевозку для субъектов МСП арктических улусов взамен гранта - это перенос канадского принципа адресации территории, а не проекта, направленный на барьер, который сами предприниматели определяют как ключевой. Следует установить для организаций с государственным участием и недропользователей, работающих в республике, механизм добровольных соглашений о локальных закупках с публикуемой отчётностью - функциональный аналог канадских соглашений о выгодах и норвежской практики регионального содержания. Наконец, необходимо реорганизовать сеть центров «одного окна» (28 в районах и 7 в Якутске) по критерию фактической загрузки, перераспределив ресурс в пользу выездных и дистанционных форматов там, где стационарное присутствие экономически неоправданно.

Общий риск, относящийся ко всему пакету мер, состоит в следующем: все пять предложений повышают требовательность системы к получателю и потому в краткосрочном периоде способны ухудшить формальные показатели - часть субъектов не пройдёт отбор, часть отчётных величин снизится при переходе к новым индикаторам. Политическая устойчивость такого перехода не гарантирована, и данное ограничение следует признать открытым.

Результаты применимы в трёх точках. Для Министерства предпринимательства, торговли и туризма Республики Саха (Якутия) - при очередной корректировке государственной программы, утверждённой постановлением № 432 [14], в части системы целевых показателей. Для Государственного Собрания (Ил Тумэн) Республики Саха (Якутия) - при подготовке законодательной инициативы о дифференциации порогов доступа к преференциям Арктической зоны, где приведённое межрегиональное сопоставление образует фактическую основу пояснительной записки. Для Фонда развития предпринимательства Республики Саха (Якутия) - при пересмотре продуктовой линейки: установленный охват в 0,51 % субъектов означает, что дальнейшее наращивание объёма займов при неизменных условиях не изменит положения сектора. Отдельное практическое значение имеет зафиксированное расхождение в статистике вклада МСП в ВРП [15; 17]: его устранение составляет предмет методической работы территориального органа Росстата и региональных органов исполнительной власти.

Выводы

Исходная гипотеза подтвердилась. Рост показателей сектора МСП в Республике Саха (Якутия) в 2022–2025 гг. обеспечен преимущественно приростом самозанятых - с 22,2 до 52,6 % всех занятых в секторе, - то есть изменением формы регистрации занятости, а не расширением предпринимательской базы. Прямые инструменты поддержки охватывают менее 1 % субъектов сектора. Преференциальный режим Арктической зоны, дающий в Мурманской области 221 резидента, в Якутии даёт 16 при фактическом исполнении инвестиционных обязательств на уровне 29 % от заявленного; причина установлена как несоответствие федеральных порогов доступа микропредпринимательской структуре арктических улусов.

Отсюда следует, что задача региональной политики состоит не в увеличении объёма распределяемых средств, а в трёх изменениях конструкции: перенастройке порогов доступа под фактическую структуру сектора, переходе от адресации проекта к адресации издержек и создании институциональной связи между крупным ресурсным сектором и местным малым бизнесом. Проверка эффективности этих изменений требует предварительного решения измерительной задачи - согласования методики оценки вклада МСП в валовой региональный продукт, без которой любой вывод о результативности поддержки остаётся оценочным.

Направление дальнейшего исследования - эконометрическая оценка связи между объёмом полученной поддержки и выживаемостью субъектов МСП на микроданных ФНС с контролем территориального фактора, что позволит перейти от анализа охвата к анализу причинного эффекта.

Литература

1. Тимушев Е. Н., Терентьева М. А. Малое и среднее предпринимательство на Севере России: проблемы и политика поддержки со стороны регионов // Арктика: экология и экономика. 2022. Т. 12, № 3. С. 400–415. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-400-415.
2. Никулкина И. В., Евсеев В. А. Государственная финансовая поддержка предпринимательства в Арктике: анализ практики и перспективы развития // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 9. С. 4979–5002. DOI: 10.18334/epp.14.9.121725.
3. Шихвердиев А. П., Вишняков А. А., Оганезова Н. А. Эффективность государственных механизмов поддержки малого и среднего предпринимательства в условиях Арктики (на примере Республики Коми) // Арктика и Север. 2025. № 58. С. 102–116. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2025.58.102.
4. Ларченко Л. В., Гуляева В. Б. Преференциальный режим Арктической зоны Российской Федерации: вклад в социально-экономическое развитие регионов // Арктика и Север. 2026. № 63. С. 103–120.
5. Потапова А. И. Зарубежный опыт государственной финансовой поддержки арктических территорий (на примере северных территорий Канады) // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2022. № 2. С. 27–39.
6. Сергиенко Е. Е. Опыт стимулирования малого предпринимательства в странах АТР // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2018. № 2. С. 71–77.
7. Тарасов М. Е., Скрябина А. В., Тарасова-Сивцева О. М. Государственная поддержка и законодательное регулирование предпринимательской деятельности в Республике Саха (Якутия) // Регион: системы, экономика, управление. 2023. № 3 (62). С. 12–19.
8. Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации».
9. Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации».
10. Федеральный закон от 04.08.2023 № 411-ФЗ «О северном завозе».
11. Закон Республики Саха (Якутия) от 29.12.2008 645-З № 179-IV «О развитии малого и среднего предпринимательства в Республике Саха (Якутия)».
12. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 18.07.2022 № 432 «О государственной программе Республики Саха (Якутия) "Развитие предпринимательства и туризма"» (в ред. от 22.01.2025).
13. Прогноз социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов.
14. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства ФНС России. URL: https://rmsp.nalog.ru (дата обращения: 07.08.2026).
15. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). URL: https://14.rosstat.gov.ru (дата обращения: 07.08.2026).
16. Итоги деятельности Министерства предпринимательства, торговли и туризма Республики Саха (Якутия) за 2025 год.

State support for small and medium-sized enterprises in the republic of Sakha (Yakutia): the effectiveness of current instruments and directions for their recalibration

Danilova L.I., Abramova A.K.
Department of Economics and Territorial Development Management, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The relevance of the study stems from the discrepancy between the growing volume of state support for small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Republic of Sakha (Yakutia) and the slow change in the sector's qualitative characteristics. The aim is to test the hypothesis that this discrepancy is caused not by insufficient funding but by the design of eligibility conditions for support instruments and by the system used to measure their results. The empirical base comprises data from the Unified Register of SMEs of the Federal Tax Service of Russia, the 2025 reporting of the Ministry of Entrepreneurship, Trade and Tourism of the Republic of Sakha (Yakutia), the forecast of the republic's socio-economic development for 2026–2028, the register of residents of the Arctic Zone of the Russian Federation, and peer-reviewed research on the economics of northern territories. The methods applied include comparison of declared support volumes with the coverage of the sector's population, and interregional comparison based on the uniform accounting methodology for residents of the preferential regime. It is established that the 8.6 % growth in sector employment in 2025 was driven mainly by an increase in the number of self-employed individuals, whose share reached 52.6 % of those employed in SMEs against 22.2 % in 2022, while the number of legal entities and individual entrepreneurs stagnates. Direct financial instruments cover 0.51 % of the sector's entities. The Arctic Zone regime yields 16 residents in the republic against 221 in the Murmansk Region, with investment commitments fulfilled at 29 % of the declared level. The principal constraint is identified as the mismatch between federal investment thresholds and the micro-entrepreneurial structure of Arctic uluses. Five measures for recalibrating regional policy are proposed, each accompanied by a risk assessment.

Keywords: small and medium-sized enterprises, Republic of Sakha (Yakutia), Arctic Zone of the Russian Federation, state support, preferential regimes, effectiveness, self-employment, northern delivery, tax incentives, regional economic policy.

References

1. Timushev E. N., Terentyeva M. A. Small and medium-sized enterprises in the Russian North: problems and regional support policy. Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: Ecology and Economy], 2022, vol. 12, no. 3, pp. 400–415. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-400-415. (In Russ.)
2. Nikulkina I. V., Evseev V. A. State financial support for entrepreneurship in the Arctic: analysis of practice and development prospects. Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo [Journal of Economics, Entrepreneurship and Law], 2024, vol. 14, no. 9, pp. 4979–5002. DOI: 10.18334/epp.14.9.121725. (In Russ.)
3. Shikhverdiev A. P., Vishnyakov A. A., Oganezova N. A. Effectiveness of state mechanisms for supporting small and medium-sized enterprises in the Arctic (the case of the Komi Republic). Arktika i Sever [Arctic and North], 2025, no. 58, pp. 102–116. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2025.58.102. (In Russ.)
4. Larchenko L. V., Gulyaeva V. B. Preferential regime of the Arctic Zone of the Russian Federation: contribution to the socio-economic development of regions. Arktika i Sever [Arctic and North], 2026, no. 63, pp. 103–120. (In Russ.)
5. Potapova A. I. Foreign experience of state financial support of Arctic territories (the case of the northern territories of Canada). Arktika XXI vek. Gumanitarnye nauki [Arctic 21st Century. Humanities], 2022, no. 2, pp. 27–39. (In Russ.)
6. Sergienko E. E. Experience in stimulating small entrepreneurship in the Asia-Pacific countries. Problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Sibiri [Problems of Socio-Economic Development of Siberia], 2018, no. 2, pp. 71–77. (In Russ.)
7. Tarasov M. E., Skryabina A. V., Tarasova-Sivtseva O. M. State support and legislative regulation of entrepreneurial activity in the Republic of Sakha (Yakutia). Region: sistemy, ekonomika, upravlenie [Region: Systems, Economics, Management], 2023, no. 3 (62), pp. 12–19. (In Russ.)
8. Federal Law No. 209-FZ of 24.07.2007 "On the Development of Small and Medium-Sized Enterprises in the Russian Federation". (In Russ.)
9. Federal Law No. 193-FZ of 13.07.2020 "On State Support of Entrepreneurial Activity in the Arctic Zone of the Russian Federation". (In Russ.)
10. Federal Law No. 411-FZ of 04.08.2023 "On Northern Delivery". (In Russ.)
11. Law of the Republic of Sakha (Yakutia) No. 645-Z No. 179-IV of 29.12.2008 "On the Development of Small and Medium-Sized Enterprises in the Republic of Sakha (Yakutia)". (In Russ.)
12. Decree of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) No. 432 of 18.07.2022 "On the State Program of the Republic of Sakha (Yakutia) 'Development of Entrepreneurship and Tourism'" (as amended on 22.01.2025). (In Russ.)
13. Forecast of the Socio-Economic Development of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2026 and the Planning Period of 2027 and 2028. (In Russ.)
14. Unified Register of Small and Medium-Sized Enterprises of the Federal Tax Service of Russia. Available at: https://rmsp.nalog.ru (accessed 07.08.2026). (In Russ.)
15. Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia). Available at: https://14.rosstat.gov.ru (accessed 07.08.2026). (In Russ.)
16. Results of the Activities of the Ministry of Entrepreneurship, Trade and Tourism of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2025. (In Russ.)

Рациональное природопользование предприятий кабельной промышленности в системе устойчивого развития региона

Айрапетов Олег Романович
соискатель, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, O.ayrapetov@gmail.com

В статье рассматриваются содержание и принципы рационального природопользования применительно к предприятиям кабельной промышленности. Показано, что отрасль сочетает высокую ресурсоёмкость по меди, алюминию и полимерным композициям с относительно компактным территориальным размещением производств в промышленных зонах Санкт-Петербурга и субъектов Северо-Западного федерального округа. На основе положений Федерального закона № 7-ФЗ, Стратегии экологической безопасности и национальных целей развития до 2030 года уточнена логика перевода предприятия от компенсационной модели платы за негативное воздействие к модели предотвращения ущерба. Сформулированы отраслевые принципы: приоритет предотвращения образования отходов изоляции, замкнутость материальных потоков металла, сопряжение технологической модернизации с региональными лимитами нагрузки. Дополнительно введен жизненный цикл изделия как граница системы оценки: рациональность, измеренная только забором площадки, признана недостаточной.

Ключевые слова: рациональное природопользование, кабельная промышленность, устойчивое развитие территории, негативное воздействие, экологический менеджмент.

Введение

Кабельная промышленность почти не попадает в региональные обзоры по природопользованию. Внимание обычно достаётся добыче, металлургии, теплоэнергетике — там и выбросы, и отходы видны невооружённым глазом. На этом фоне кабельные заводы выглядят «тихими»: их вклад в валовые показатели действительно скромнее. Но валовые показатели здесь плохой ориентир. Если смотреть не на объёмы, а на состав воздействия, отрасль перестаёт быть безобидной.

Во-первых, пыль цветных металлов. Во-вторых, летучие продукты, которые образуются при экструзии поливинилхлорида и полиэтилена. В-третьих, отходы сшитого полиэтилена — материал, который плохо поддаётся рециклингу и потому либо накапливается, либо идёт на полигоны. Отдельная история — оборот технической воды на линиях охлаждения. Каждое из этих воздействий по отдельности выглядит умеренным. Проблема в том, что они действуют одновременно и, как правило, на уже нагруженной территории.

Для Санкт-Петербурга и части субъектов Северо-Западного федерального округа это особенно чувствительно. Кабельные предприятия здесь часто расположены в старых промышленных зонах, где нагрузка на среду копилась десятилетиями. Формально такие площадки могут соответствовать нормативам, но фактически давно вышли за пределы «фонового» уровня. Именно этот разрыв между нормативом и накопленным эффектом обычно и выпадает из отраслевых обзоров.

Актуальность темы задаётся не только отраслевой спецификой, но и сменой нормативной рамки. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» закрепляет платность природопользования и презумпцию экологической опасности планируемой деятельности [1]. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года прямо указывает на сохраняющуюся дифференциацию нагрузки между индустриальными центрами и периферией [5]. Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 включает экологическое благополучие в перечень национальных целей [6].

Но все эти документы работают на общем уровне. Они задают рамку, а не отвечают на вопрос, что делать с конкретным производством. Применительно к кабельной промышленности эта рамка почти не раскрыта: нет ясности, как именно оценивать её нагрузку, какие показатели считать приоритетными и как соотносить технологические особенности отрасли с целями, сформулированными для страны в целом.

Отсюда и задача статьи. Она не в том, чтобы ещё раз воспроизвести общие формулы устойчивого развития. Она в том, чтобы разобрать, как эти формулы преломляются на конкретном типе производства — кабельном, — и предложить набор принципов, пригодных для последующей эколого-экономической оценки нагрузки на территорию региона.

Теоретическая рамка и нормативные основания

В отечественной традиции рациональное природопользование понимается как система мер, обеспечивающая воспроизводство качества окружающей среды при сохранении хозяйственной функции территории. А. Г. Бездудная, А. П. Родионов, М. Г. Трейман связывают этот подход с задачами экологического менеджмента на предприятии: нормирование воздействий, учёт жизненного цикла продукции, встраивание экологических критериев в инвестиционные решения [9]. Для кабельного завода вопрос стоит не про «экологизацию» вообще. Он конкретный: как управлять тремя потоками — металлом токопроводящей жилы, полимерной изоляцией и энергетическим контуром. Всё остальное вторично.

Закон № 7-ФЗ задаёт несколько норм, которые работают прямо на уровне цеха. Плата за негативное воздействие не снимает обязанности снижать выбросы, сбросы и отходы — это первое. Второе: с принятием Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ акцент сместился с «конца трубы» на сам технологический процесс, через механизм наилучших доступных технологий (НДТ) [4]. Третье: обращение с отходами живёт по Федеральному закону от 24.06.1998 № 89-ФЗ, и для кабельного лома и обрезков изоляции там важны не общие слова, а класс опасности и реальное направление утилизации [2].

На региональном уровне эти нормы упираются в ограниченную ёмкость среды. Санкт-Петербург в 2025 году зафиксировал порядка 64,9 тыс. т выбросов от стационарных источников [12]. Но основной вклад по-прежнему даёт транспорт, а не обрабатывающая промышленность. И вот здесь возникает неудобный вопрос: если промышленность в валовых выбросах не главный игрок, значит ли это, что её воздействие незначительно? Или речь о том, что валовые показатели просто не отражают специфические потоки — те самые металл, полимер и воду, — которые на локальном уровне ощущаются совсем иначе. Это не отменяет локальной значимости отдельных площадок: в районах концентрации машиностроения и электротехники именно точечные источники формируют почвенные аномалии меди, цинка и свинца, что ещё в работах Е.П. Янина показано на примерах кабельных заводов [11].

Отраслевые особенности как условие рационализации

Типовой технологический цикл кабельного производства включает волочение и отжиг металла, наложение изоляции и оболочки методом экструзии, скрутку, бронирование, испытания. На каждом переделе возникает свой профиль воздействия. Волочение даёт металлическую пыль и отработанные эмульсии. Экструзия ПВХ сопровождается выделением хлористого водорода и пластификаторов; экструзия полиэтилена — углеводородов. Сшивка полиэтилена (СПЭ, XLPE) улучшает эксплуатационные свойства силового кабеля, но резко осложняет последующую переработку отходов: термореактивная структура не плавится повторно. Ассоциация «Электрокабель» и отраслевые производители компаундов прямо фиксируют этот разрыв в жизненном цикле [13].

Сырьевая структура отрасли такова, что основная масса меди и алюминия в принципе возвращаема в оборот. Проблема не в металле как таковом, а в композиции «металл — изоляция — экран — броня». Разделение этих фракций требует либо ручной разделки, либо специализированных линий, которых в Северо-Западном округе немного. Предприятия по приёму кабельного лома в Санкт-Петербурге закрывают коммерческий контур металла, но изоляционная фракция часто уходит на размещение. Именно здесь рациональное природопользование расходится с формальной утилизацией «лома цветных металлов». В табл. 1 представлено сопряжение принципов устойчивого развития территории с практикой кабельного производства.

Таблица 1

Сопряжение принципов устойчивого развития территории с практикой кабельного производства

Принцип устойчивого развития территории	Практика кабельного производства	Эффект для территории
Предотвращение негативного воздействия на окружающую среду	Снижение образования обрезков СПЭ и ПВХ на стадии раскроя и настройки экструдера	Сокращение потока отходов IV–V классов, направляемых на объекты размещения
Платность природопользования	Корректный учёт выбросов и отходов в формах 2-ТП и декларации о плате за НВОС	Прозрачность нагрузки промышленной зоны
Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ)	Закрытые системы охлаждения, рекуперация тепла, газоочистка экструзионных линий	Снижение удельных выбросов на единицу выпуска
Замкнутость материальных потоков	Возврат медной и алюминиевой жилы; раздельный сбор изоляции	Рост доли вторичных ресурсов в региональном балансе
Учёт природных и социально-экономических особенностей территории	Учёт фонового загрязнения промзоны при расширении мощностей	Ограничение кумулятивного эффекта в СЗФО

Источник: составлено автором по [1; 4; 9]

От компенсационной модели к предотвращению

Действующий порядок платы за НВОС, скорректированный распоряжением Правительства РФ от 10.07.2025 № 1852-р и постановлением от 10.07.2025 № 1034, устанавливает новые ставки и дополнительные коэффициенты, усиливая экономический сигнал для природопользователей. Однако сам факт изменения ставок не предписывает предприятиям конкретных технологических решений — он лишь создаёт экономические стимулы для модернизации производства [7; 8]. Коэффициенты к ставкам повышают цену сверхлимитного воздействия. Но для среднего кабельного завода абсолютная величина платы всё равно чаще оказывается ниже, чем стоимость модернизации линии. Отсюда ловушка, в которую попадают многие: предприятие платит исправно, отчётность в порядке — и природоохранная задача считается закрытой. Хотя, по сути, не решённой остаётся главная часть.

Значит, нужен другой критерий. Не масса выбросов сама по себе, а удельная нагрузка на тонну выпуска. Тогда в поле зрения попадает то, что обычно остаётся за скобками: сколько меди и полимеров уходит на единицу продукции, сколько электричества съедает экструзия, какая доля отходов изоляции так и не попадает в утилизацию. Такой набор показателей ближе к логике национального проекта технологического характера и к тому, чем реально занимается региональная политика. Изолированный анализ декларации о плате этого не показывает.

Для Санкт-Петербурга и Ленинградской области есть ещё одно ограничение — плотность застройки промышленных зон и близость жилых территорий. Здесь даже умеренные валовые выбросы не гарантируют благополучия: локальные концентрации меди в почвах вокруг старых кабельных площадок могут на порядок превышать фон. Поэтому принцип соразмерности нагрузке территории в этих условиях работает важнее, чем формальное соблюдение ПДВ.

Жизненный цикл изделия и слепые зоны платы

До сих пор речь шла о заводе и о том годе, за который вносится плата. Но, изделие служит годами, а разделка его идёт нередко на другой площадке, не там, где тянули жилу и накладывали изоляцию. Оценка, привязана к забору цеха, часть цикла просто теряется. Сырьевой вход — медь, алюминий, свинец оболочек, гранулы ПВХ и полиэтилена — это нагрузка, возникшая на других производствах: в металлургии, на выпуске компаундов. В собственной декларации завод её не показывает, хотя без этого входа выпуск невозможен. Далее — изготовление, дающее тот спектр, о котором шла речь выше: пыль, хлороводород, пластификаторы, углеводороды. Служба кабеля протекает как правило, без заметного воздействия, и только на этапе разделки цикл раздваивается. Легальный канал забирает металл. Теневой оставляет изоляцию и остаточный свинец там, где их не ждали: после извлечения жилы в остатке сохраняется полимер, в том числе сшитый полиэтилен, которому почти некуда деться [13].

Плата за негативное воздействие охватывает далеко не все перечисленные стадии [7; 15]. Сырьё — не охватывает, службу — не охватывает, теневую разделку — тем более. В отчётности отражается преимущественно то, что попало в норматив на площадке. Компенсационная модель устроена так, что квитанция закрывает видимую часть цикла, а невидимая остаётся вне неё.

Есть и институциональный зазор. Кабельная продукция как изделие и сшитый полиэтилен как материал не включены в перечень расширенной ответственности производителя. Формально обязанность по утилизации после службы отрасли не вменяется. Фактически цикл на этом не замыкается: отсутствие обязанности не означает, что изоляция исчезла. Она оказывается либо на полигоне, либо в теневой разделке, либо в грунте старой площадки [11].

Знак равенства между «завод заплатил» и «цикл закрыт» ставить нельзя. Металл замыкается рынком почти самостоятельно, изоляция — нет. Принцип предотвращения из табл. 1 должен поэтому читаться как требование учитывать конец жизненного цикла изделия, а не только настройки экструдера.

Из общих формул не следует выводить три следствия. Рост платы сам по себе не свидетельствует о рационализации природопользования — могла возрасти ставка [7; 8]. Снижение валовых выбросов субъекта не доказывает того же по заводу: в Петербурге основной вклад по-прежнему вносит транспорт [12]. Исправная отчётность не подтверждает, что изоляция после разделки поступила в оборот [9; 13].

Говорить о нагрузке отрасли в Северо-Западном федеральном округе одним числом нельзя. Часть субъектов держит основной стационарный вал. Петербург выглядит лёгким по тоннам и тяжёлым по плотности: мало территории, близко жильё, вода уходит в уже нагруженный приёмник. Завод в Коми и завод в Колпине — одна отрасль и разная ёмкость среды.

Принцип соразмерности нагрузке территории нельзя подменять среднеокружным килограммом на тонну кабеля. Удельный показатель нужен, но без адреса площадки он снова общий. Для Петербурга и Ленинградской области адрес важнее: зоны плотные, аномалии меди и свинца на старых участках уже есть [11]. Сравнивать субъекты округа по валу 2-ТП полезно, чтобы понимать фон. Сравнивать заводы только по этому валу нельзя. Иначе лёгкий по тоннам город получит индульгенцию, а локальный след площадки останется в стороне.

Металл, полимер и вода подчиняются разной логике, а в отчётности сведены в одну строку. Это и создаёт разрыв между тем, что заводом реально управляется, и тем, что попадает в декларацию.

Металл возвращается почти всегда: цена лома делает это без административного принуждения. Но вместе с жилой в приёмку часто уходит и оболочка, а свинецсодержащий лом ведёт себя иначе, чем медный или алюминиевый. Если всё сваливается в один контейнер «цветной лом», принцип замкнутости выполняется лишь наполовину: медь вернулась, свинец ушёл по той же накладной.

Полимер — не один материал, а как минимум два. Обрезки ПВХ и отход сшитого полиэтилена различаются по поведению в переработке [13]. ПВХ ещё можно пытаться вернуть в оборот. СПЭ повторно не плавится. Одна строка «отходы изоляции IV–V класса» удобна для декларации и бесполезна для управления: за ней скрываются два разных маршрута.

Вода. Закрытый оборот охлаждения относится к НДТ [4], открытый дешевле в цехе, но добавляет нагрузку территории. Промышленный сток и хозяйственно-бытовой считаются по разным нормативам и очищаются по-разному; сводить их в один расчёт нельзя, иначе оптимизация одного идёт за счёт другого.

Почему удельные показатели сильнее вала

Валовой тоннаж не различает пыль меди и оксид углерода котельной, тонну ПВХ и тонну упаковки. Удельная нагрузка на тонну выпуска это различие хотя бы обозначает. Модернизация линии окупается снижением расхода компаунда, брака экструзии, возвратом тепла — а не «долей округа». Плата за НВОС остаётся сигналом, но не целью [7; 8; 15]. Если этот сигнал слабее стоимости НДТ, заводу выгоднее платить, чем модернизироваться. Для территории это означает, что компенсационный механизм работает вхолостую.

Пообъектные 2-ТП площадок СЗФО в открытом доступе не публикуются. Ряд «завод — год — вещество» в статье не достраивается. На открытых данных можно зафиксировать состав потоков и не выдавать окружной вал за оценку конкретной площадки.

В понятие «экологические расходы» часто складывают плату по ставкам, текущие затраты и то, что уже лежит в почве [7; 8; 11]. Сложение трёх величин разной природы лишает сумму смысла: это расходы разных лет, разных субъектов и разной степени обратимости.

Тот, кто создал накопленный след, и тот, кто платит сейчас, могут быть разными лицами. Принцип «загрязнитель платит» работает лишь при условии, что смена функции участка сопровождается обследованием. Без него новый собственник получает чужой след вместе с площадкой и не несёт за него ответственности.

Ставку платы можно пересмотреть за год. Слой в почве за год не пересматривается. Инвестиция в НДТ поэтому должна оцениваться не только по годовой плате, но и по тому, усилит ли расширение выпуска уже существующую аномалию на площадке.

Принципы построения последующей оценки

В оценку нагрузки не следует включать показатель, который не различает жилу и изоляцию, место субъекта в рейтинге выбросов вместо обследования площадки и сертификат менеджмента как доказательство замкнутости цикла по СПЭ. Каждый из них либо усредняет то, что должно быть разделено, либо подменяет объект оценки.

В рабочем наборе остаются удельные величины там, где они доступны; доля металла и доля изоляции в отходе — раздельно; положение площадки относительно уже нагруженной зоны; закрытый или открытый оборот воды.

Связка с устойчивым развитием территории при этом не ломается. Устойчивость собирается из нескольких блоков, а не из одной строки [10]. Для кабельного завода такими блоками оказываются металл, полимер, вода и фон зоны. Один блок может быть в устойчив — остальные нет. Рациональность в этом случае не среднее арифметическое четырёх галочек, а отсутствие провала в том блоке, который территория уже не выдерживает.

Выводы

Таким образом, рациональное природопользование предприятий кабельной промышленности нельзя сводить к исправной уплате экологических платежей. Отрасль порождает компактный, но химически своеобразный профиль воздействий, в котором критичны полимерные отходы и металлосодержащая пыль, а не валовой тоннаж. Нормативная база (законы № 7-ФЗ, № 89-ФЗ, № 219-ФЗ, Стратегия экологической безопасности, национальные цели до 2030 года) задаёт рамку перехода от компенсации к предотвращению. Практическое наполнение этой рамки для Северо-Западного федерального округа состоит в замыкании потока металла, раздельном учёте изоляции, внедрении НДТ на экструзии и в увязке инвестиционных решений завода с ёмкостью конкретной промышленной зоны. К этому следует добавить границу системы. Оценка, которая обрывается на заборе площадки, не видит сырьевой вход, серую разделку и судьбу сшитого полиэтилена. Пока эти стадии не входят в расчёт, компенсационная модель будет выглядеть исправной и оставаться неполной. Для последующих оценок нагрузки на территорию региона это означает простую рабочую норму: различать жилу и изоляцию, не принимать место субъекта в рейтинге выбросов за оценку завода и не складывать плату, затраты и накопленный след почв в одну цифру.

Литература

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
3. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».
4. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
6. Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
7. Распоряжение Правительства РФ от 10.07.2025 № 1852-р (ред. от 01.09.2025) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2025 году».
8. Постановление Правительства РФ от 10.07.2025 № 1034 «О дополнительных коэффициентах к ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду».
9. Бездудная А. Г. Развитие систем водоснабжения и управление ими в Санкт-Петербурге / А. Г. Бездудная, А. П. Родионов, М. Г. Трейман // Проблемы современной экономики. — 2026. — № 2 (98). — С. 140–144. EDN: ZCSGZH
10. Боркова Е. А. Методология оценки устойчивости социо-эколого-экономического развития территорий на основе ЦУР / Е. А. Боркова, Г. Ф. Фейгин // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2026. — № 2 (158). — С. 17–24. EDN: ESEMXY
11. Янин, Е. П. Эколого-гигиенические аспекты использования изоляционных материалов в кабельной промышленности / Е. П. Янин, И. И. Потапов // Экономика природопользования. — 2020. — № 1. — С. 121–131. DOI: 10.36535/1994-8336-2020-01-4. EDN: HWCGRN
12. Петростат: Петербург сократил выбросы загрязняющих веществ до минимума за пять лет // Санкт-Петербург.ру. 05.06.2026. URL: https://sanktpeterburg.bezformata.com/listnews/zagryaznyayushih/160390582/ (дата обращения: 30.09.2026).
13. Реальные технологии переработки отходов кабельного СПЭ (XLPE) и экономика рециклинга // RusCable. — 2025. — URL: http://www.ruscable.ru/news/2025/12/05/Realynye_texnologii_pererabotki_otxodov_kabelynogo/ (дата обращения: 14.09.2026).
14. Росстат. Охрана окружающей среды в России: статистический сборник. — М., 2025. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 10.09.2026).
15. Росприроднадзор. Плата за негативное воздействие на окружающую среду. — URL: https://rpn.gov.ru/activity/environment-fee/ (дата обращения: 18.09.2026).

Rational nature management of cable industry enterprises in the system of regional sustainable development

Airapetov O.R.

Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the content and principles of rational nature management as applied to cable industry enterprises. The industry combines high resource intensity in copper, aluminum and polymer compounds with a relatively compact territorial location of production facilities in the industrial zones of St. Petersburg and the constituent entities of the Northwestern Federal District. Based on Federal Law No. 7-FZ, the Environmental Security Strategy and national development goals until 2030, the logic of moving an enterprise from a compensatory model of payment for negative environmental impact to a damage prevention model is clarified. Industry principles are formulated: priority of preventing insulation waste generation, closed metal material flows, coupling of technological modernization with regional load limits. The product life cycle is added as a system boundary: rationality measured only at the plant fence is treated as insufficient.

Keywords: rational nature management, cable industry, territorial sustainable development, negative environmental impact, environmental management.

References

1. Federal Law No. 7-FZ of January 10, 2002, "On Environmental Protection."
2. Federal Law No. 89-FZ of June 24, 1998, "On Production and Consumption Waste."
3. Federal Law No. 96-FZ of May 4, 1999, "On the Protection of Atmospheric Air."
4. Federal Law No. 219-FZ of July 21, 2014, "On Amendments to the Federal Law 'On Environmental Protection' and Certain Legislative Acts of the Russian Federation."
5. Decree of the President of the Russian Federation No. 176 of April 19, 2017, "On the Strategy for Environmental Security of the Russian Federation for the Period up to 2025."
6. Decree of the President of the Russian Federation No. 309 of May 7, 2024, "On National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and the Perspective up to 2036."
7. Directive of the Government of the Russian Federation No. 1852-r of July 10, 2025 (as amended on September 1, 2025), "On Rates of Payment for Negative Impact on the Environment in 2025."
8. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1034 of July 10, 2025, "On Additional Coefficients for Rates of Payment for Negative Impact on the Environment."
9. Bezdudnaya A. G. Development and Management of Water Supply Systems in St. Petersburg / A. G. Bezdudnaya, A. P. Rodionov, M. G. Treyman // Problems of Modern Economy. — 2026. — No. 2 (98). — pp. 140–144. EDN: ZCSGZH
10. Borkova, E. A. Methodology for Assessing the Sustainability of Socio-Ecological-Economic Development of Territories Based on the SDGs / E. A. Borkova, G. F. Feigin // Bulletin of Saint Petersburg State University of Economics. — 2026. — No. 2 (158). — pp. 17–24. EDN: ESEMXY
11. Yanin, E. P. Ecological and Hygienic Aspects of Using Insulation Materials in the Cable Industry / E. P. Yanin, I. I. Potapov // Economics of Nature Management. — 2020. — No. 1. — pp. 121–131. DOI: 10.36535/1994-8336-2020-01-4. EDN: HWCGRN
12. Petrostat: St. Petersburg Reduces Pollutant Emissions to a Five-Year Low // Sankt-Peterburg.ru. June 5, 2026. URL: https://sanktpeterburg.bezformata.com/listnews/zagryaznyayushih/160390582/ (accessed: September 30, 2026).
13. Practical Technologies for Recycling XLPE (Cross-Linked Polyethylene) Cable Waste and the Economics of Recycling // RusCable. — 2025. — URL: http://www.ruscable.ru/news/2025/12/05/Realynye_texnologii_pererabotki_otxodov_kabelynogo/ (accessed: 14.09.2026).
14. Rosstat. Environmental Protection in Russia: Statistical Compendium. — Moscow, 2025. — URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 10.09.2026).
15. Rosprirodnadzor. Fees for Negative Environmental Impact. — URL: https://rpn.gov.ru/activity/environment-fee/ (accessed: 18.09.2026).

Выбор метрик эффективности цифровой наружной рекламы в омниканальных коммуникациях: модель согласования целей, данных и доказательности

Батталова Жансая Айбатыровна
Независимый исследователь, zhansayabattalova@gmail.com,

Вакарюк Майя Евгеньевна
Независимый исследователь, mryabaya@gmail.com

Оценка цифровой наружной рекламы в сочетании с другими каналами требует разграничения размещения, рекламного контакта, реакции аудитории и дополнительного коммерческого результата. Цель статьи - разработать модель выбора метрик, согласующую вопрос оценки, доступные данные и силу вывода. Критический интегративный обзор, сопоставление открытых документов и концептуальное моделирование охватывают 24 источника: научные работы, отраслевые стандарты и методики, регуляторное руководство. Датированные материалы относятся к 2013–2026 гг. Предложена типология, разделяющая измеряемый конструкт и тип вывода; определены условия сопоставимости аудиторных, поведенческих и финансовых показателей. Процедура выбора предусматривает проверку метрики вместе со способом её получения, назначение основного KPI и необходимой диагностики либо мотивированный отказ при недостаточности данных. Пять логических конфигураций разграничивают атрибуцию и причинный эффект, дополнительный охват и взаимодействие каналов. Вклад состоит в уточнении правил выбора и границ объединения показателей. Модель предназначена для заданий на измерение и эмпирически не проверена; выводы ограничены корпусом, универсальные нормативы эффективности не установлены.

Ключевые слова: цифровая наружная реклама, омниканальные коммуникации, рекламные метрики, атрибуция, инкрементальность, сопоставимость измерений, концептуальное моделирование.

Введение

Подтверждение показа рекламы на цифровом экране не устанавливает размер аудитории, внимание или изменение поведения. Стандарты Media Rating Council (MRC) и руководство Interactive Advertising Bureau (IAB)/MRC разграничивают эти задачи [1; 2]. Для цифровой наружной рекламы, или DOOH (digital out-of-home), в кампании с онлайн-рекламой и покупками последовательность событий сама по себе не определяет вклад контактов.

Омниканальный подход связывает точки контакта с этапами клиентского пути [3; 4], однако показ, устройство в геозоне и покупатель остаются разными единицами учёта. Стоимость контактов, атрибутированная выручка и дополнительная прибыль отвечают на разные управленческие вопросы [5].

Объект исследования - оценка DOOH совместно с другими рекламными и торговыми контактами; предмет - правила выбора метрик при неполном наблюдении контактов и исходов. Цель - связать задачу оценки, измеряемый конструкт, данные и основания вывода. Исследовательский вопрос: какие метрики допустимы для омниканальной оценки DOOH и когда данных недостаточно? Для ответа необходимо разделить измерительные задачи, условия сопоставимости, атрибуцию и дополнительный эффект.

Предлагаются двухосевая типология и модель выбора показателя вместе с методом измерения, включая мотивированный отказ от необоснованной оценки. Они позволяют задать требования к данным до выбора KPI и проверить соответствие отчёта цели. Основанием служат литература и открытая документация; собственная оценка рыночного эффекта DOOH не проводится.

Обзор литературы

Систематический обзор Р. Т. Уилсона охватывает исследования наружной рекламы до 2020 г. и задаёт границы поля, но не заменяет анализа поздних стандартов [6]. Ч. Деннис и соавторы рассматривают покупательский опыт как промежуточное звено между цифровыми экранами и поведением [7]; З. С. Мпоси и соавторы изучают мотивацию, взаимодействие и пользовательский опыт [8]. Эти психологические исходы самостоятельны и не устанавливают универсальный прирост продаж.

Д. Херхаузен и соавторы различают назначение внутримагазинной рекламы и фактический контакт, учитывая самоотбор аудитории [9]. Близость покупки и способ учёта ограничивают перенос результатов на уличные и транспортные носители. Внутримагазинные экраны рассматриваются здесь как смежная область измерений, а не источник нормативов для всей DOOH-рекламы.

Подход П. К. Верхуфа и соавторов к переходам между каналами и рамка К. Н. Лемон и П. К. Верхуфа о клиентском опыте определяют объект совместной оценки [3; 4], но не правило зачёта контактов DOOH. При частично наблюдаемом пути согласованность коммуникаций не гарантирует полноты измерения.

Многоканальная атрибуция распределяет результат между наблюдаемыми контактами. Р. Берман показывает зависимость распределения от правила [10]; Э. де Хаан и соавторы учитывают формы онлайн-рекламы и динамику покупки [11]; Д. Шендер и соавторы - время до события и неполные пути [12]. При переносе на DOOH сложность модели не восстанавливает отсутствующие сведения о контакте, а причинная трактовка приписанной выручки требует дополнительных оснований.

Сравнение наблюдательных оценок с экспериментами показывает, что объём признаков и качество прогнозирования не гарантируют воспроизведения причинного эффекта [13; 14]. Р. А. Льюис и Дж. М. Рао связывают трудности оценки отдачи с вариативностью покупок [15]. Метод К. Х. Бродерсена и соавторов допускает построение контрфакта по агрегированным данным при пригодных контрольных рядах [16]. Препринт Р. Дью и соавторов об идентификации нелинейных и меняющихся эффектов уточняет модельную неопределённость, не отвергая весь класс моделей маркетингового комплекса [17].

Рассмотренные подходы задают разные требования к метрикам, но название KPI не раскрывает объект измерения и допустимый вывод. Аналитическая задача состоит в переводе этих требований в правила выбора для конкретной цели. Этот разрыв установлен относительно отобранного корпуса; отсутствие аналогичных решений вне него не предполагается.

Материалы и методы

Работа сочетает критический интегративный обзор, структурированное сопоставление документов и концептуальное моделирование [18; 19]. Типология и модель имеют концептуальный статус. Метаанализ, собственные опросы, эксперименты и статистическое оценивание эффекта кампаний не проводились.

Корпус, зафиксированный на 8 сентября 2026 г., содержит 24 источника: 16 научных работ 2013–2026 гг., включая рабочую публикацию и препринт;

семь записей отраслевых стандартов и методик [1; 2; 5; 20; 21; 22; 23]; руководство EDPB по персональным данным видеоустройств [24]. Запись Route объединяет две связанные страницы. Преимущественно англоязычный корпус отражает измерительные подходы США, Великобритании и европейского контекста. Материалы 2022–2026 гг. характеризуют изменения измерений; ранние работы сохранены как теоретические основания.

Целевой итеративный поиск проводился на страницах издателей, официальных сайтов, в репозиториях и открытом веб-поиске. Использовались сочетания digital out of home advertising measurement, digital signage advertising effectiveness, multichannel attribution advertising, marketing mix models identification, MRC out of home measurement standards, IAB attention measurement guidelines. Включались полные тексты с проверяемой библиографией, задающие конструкт, требования к данным или ограничения вывода. Исключались дубликаты, предварительные стандарты при наличии финальных, непроверенные ссылки и коммерческие оценки без открытой методики. Полный журнал скрининга отсутствует; исчерпывающий систематический обзор и соответствие PRISMA не заявляются.

Единица анализа - определение, методическое требование или оговорка об интерпретации. Фиксировались источник и локатор, формат, конструкт, единица, числитель и знаменатель, окно, происхождение данных, сравнение и допустимый вывод. Сопоставление охватывало шесть критериев: конструкт; единица и знаменатель; аудитория и территория; окно и момент измерения; происхождение и калибровка; сравнение или контрфакт. Отсутствие сведений и неприменимость поля отмечались отдельно; научные свидетельства, отраслевые требования и описания собственной практики сохраняли разный статус.

После согласования терминов выделены оси типологии, условия сопоставимости и правила выбора метрики с методом её получения. Внутренняя согласованность проверялась на пяти логических конфигурациях доступности данных, включая исключение отдельных входов. Это не наблюдавшиеся кампании. Независимое двойное кодирование и оценка межэкспертного согласия не проводились; численные эффекты чужих исследований не пересчитывались и не объединялись.

Результаты

Типология измерений и границы сопоставимости

Типология разделяет измеряемый конструкт и тип вывода: что учитывается и что можно утверждать. Последний определяется показателем вместе с методом. Посещение можно описать, приписать контакту либо оценить как дополнительное относительно контрфакта; название метрики не задаёт постоянного ранга доказательности.

В таблице 1 сопоставлены конструкты и основания интерпретации. Модельная оценка вероятного контакта может оставаться описательной; причинная оценка не предпочтительна автоматически, поскольку контроль исполнения требует прежде всего достоверного технического учёта.

Таблица 1
Измеряемый конструкт и допустимый тип вывода

Конструкт	Описательная оценка	Атрибуция результата	Причинная оценка
Исполнение и контакт	Проверенные показы; OTS; LTS; охват и частота	Контакт в пути не равен зачёту продажи	Контакт не устанавливает эффект на исход
Внимание и отношение	Взгляд; длительность; узнавание	Явное правило связи с контактом	Изменение исхода относительно контрфакта
Действие	QR-переход; посещение; покупка	Событие, приписанное контакту в окне	Дополнительные посещения или покупки
Затраты и отдача	CPM заданного типа контакта	ROAS приписанной выручки	iROAS; ROI с дополнительной маржой
Межканальная задача	Охват без дублей; дополнительный охват	Распределение результата по каналам	Взаимодействие эффектов на заданной шкале

Авторская систематизация [1; 2; 5; 10; 13; 14; 20; 21; 22; 23]. Причинная оценка требует обоснованной идентификации; ячейки отражают разные задачи.

Исполнение измеряют отношением проверенных размещений к плану. Подтверждение воспроизведения (proof of play) не устанавливает аудиторию. OTS (opportunity to see) характеризует возможность контакта, LTS (likelihood to see) — оценку вероятности просмотра по конкретной методике [1]. Средняя частота равна числу контактов заданной категории, делённому на уникальный охват той же базы. Разные критерии числителя и знаменателя исключают сопоставимую интерпретацию частоты.

Route описывает свою систему как основанную на внимании: поправка LTS объединяет сведения о мобильности, потоках, носителях и движениях глаз [23]. IAB/MRC разграничивает измерение внимания и результат кампании [2]. При сопоставлении нужно различать модельную вероятность и зарегистрированный сигнал: калибровка не равнозначна регистрации внимания каждого охваченного человека.

Шесть критериев дают три решения: прямое сравнение при согласованных конструктах, базах и окнах; условная гармонизация при документированном преобразовании; отказ от объединения без такого основания. Устройства и люди не складываются без обоснованного перехода, воспроизведения не заменяют аудиторию креатива, внутримагазинные и уличные оценки требуют согласования среды и единицы [1; 20; 22]. Ограничения касаются показателей, а не оценки измерительных организаций.

Межканальный охват требует устранения дублирования на общей базе [21]. Пусть A - лица, охваченные DOOH по заданным критериям, B - аудитория остальных каналов, n - число элементов. Дополнительный охват DOOH равен:
$n(A \cup B) - n(B) = n(A \setminus B)$(1)

При неизвестном пересечении A и B отдельные итоги не определяют дополнительный охват. Нужны единая популяция, период и квалификация контакта; персональное восстановление пути не обязательно для всякой оценки дополнительного коммерческого эффекта.

Модель выбора метрик

До выбора метрики фиксируют цель и исход, формат DOOH, единицу и аудиторию, территорию, период и окно реакции. Затем проверяют данные, схему сравнения, допустимость обработки, бюджет и срок. Метрика рассматривается вместе с методом получения; неизвестное условие не считается выполненным. Проверки таблицы 2 исключают необоснованный способ ответа, хотя данных может хватать для более узкого вопроса.

Таблица 2
Последовательность проверки и выбора метрик

Проверка	Условие допуска	Решение при невыполнении
Цель и конструкт	Показатель отвечает вопросу оценки	Уточнить цель или исключить показатель
Данные и база учёта	Определены входы, единица, окно, формат, знаменатель	Указать пробелы; исключить необоснованное отношение
Допустимость обработки	Способ получения данных допустим для заявленной цели	Исключить способ; найти допустимую альтернативу
Тип вывода	Для причинной цели обоснован контрфакт	Сузить вопрос до описания или атрибуции
Объединение каналов	Охват: общая база и устранение дублей; взаимодействие: контраст эффектов	Не приравнивать отдельные итоги к дополнительному охвату или синергии
Состав набора	KPI с необходимой диагностикой; учтены ресурсы	Сохранить несравнимые варианты и условия выбора

Авторская модель [1; 5; 13; 14; 16; 20; 21; 22; 24]. При отсутствии допустимого способа оценки мотивированный отказ и диагностика доступных величин.

Правомерность - условие применимости метода. В европейском контексте EDPB связывает требования с идентифицируемостью, целью, необходимостью и минимизацией обработки [24]. Агрегированный итог не характеризует весь процесс получения данных, а наличие сенсора само по себе не означает биометрическую идентификацию. Модель не заменяет оценку конкретного решения и не переносит европейское руководство на другие юрисдикции.

Основной KPI отвечает цели и проходит обязательные проверки; диагностика исполнения и качества включается, если необходима для интерпретации. Минимальность означает отсутствие лишних метрик, а не доказанную наименьшую стоимость. При недостатке сведений о точности, затратах и сроках сохраняются альтернативы без произвольных весов и универсальных порогов.

Финансовые метрики требуют согласования числителя и знаменателя. CPM (cost per mille) - стоимость тысячи контактов заданного типа; ROAS (return on advertising spend) - отношение приписанной выручки к рекламным расходам; iROAS - отношение причинно оценённой дополнительной выручки к соответствующей разнице расходов. ROI (return on investment) рассчитывают, вычитая из дополнительного маржинального дохода согласованные дополнительные затраты и деля остаток на них [5; 15]. Без маржи ROAS не трактуется как ROI. Нулевой или неопределённый знаменатель исключает расчёт, неположительная разница расходов требует пересмотра интерпретации iROAS. Среднее отношение не характеризует отдачу следующего рубля бюджета.

Наборы показателей и пределы разрешимости

Таблица 3 связывает цель, основной KPI, необходимое условие и границу вывода. Посещение самостоятельная цель; переход к выручке требует измерения другого исхода [5; 20].

Таблица 3
Цель оценки, основной KPI и граница вывода

Цель	Основной показатель	Необходимое условие	Не устанавливает
Исполнение	Доля проверенных размещений	План и достоверный журнал показов	Размер аудитории
Стоимость контакта	CPM; диагностика охвата и частоты	Единые критерии контактов и база	Окупаемость
Знание или отношение	Изменение опросного показателя	Сопоставимый инструмент и сравнение	Равный прирост продаж
Посещение	Число или доля визитов; причинный прирост	Зона и окно; для эффекта контрфакт	Покупку всех посетителей
Выручка по атрибуции	Приписанная выручка, ROAS	Связанные события и явное правило	Создание всей выручки рекламой

Цель	Основной показатель	Необходимое условие	Не устанавливает
Прирост коммерческого результата	Дополнительный исход, iROAS; ROI с маржой	Идентификация и согласованный контраст затрат	Предельную отдачу бюджета
Межканальный охват	Дополнительный охват DOOH	Общая база и пересечения аудиторий	Синергию продаж
Взаимодействие каналов	Контраст совместного и отдельных эффектов	Четыре различимых состояния; заданная шкала	Вклад канала при совместном изменении

Применение модели таблицы 2 [1; 5; 7; 8; 10; 13; 16; 20; 21]. Для каждого набора сохраняется необходимая диагностика; нормативные значения не вводятся.

Пять логических конфигураций показывают границы ответа. В первой расписание, proof of play, расходы и трафик подтверждают исполнение, но не квалифицированный контакт или прирост продаж. Во второй согласованные контакты, охват и расходы позволяют оценить CPM DOOH, но отдельные итоги других каналов без пересечений не дают дополнительного охвата. В третьей связанные контакты и покупки с правилом атрибуции определяют приписанную выручку; без контрфакта причинный вывод необоснован.

В четвёртой конфигурации территориальные исходы и расходы, контрольные ряды, не затронутые воздействием, и обоснованные допущения могут позволять оценить дополнительный исход без персональных идентификаторов [16]. Исключение контрфакта лишает оценку причинного основания; отсутствие денежного исхода исключает iROAS, сохраняя возможную оценку прироста посещений. Учёт устройств вместо людей блокирует объединение аудиторий, но не отдельно обоснованное территориальное сравнение.

В пятой конфигурации DOOH и другой канал всегда меняются вместе. Идентификация общего эффекта сочетания не разделяет вклады и синергию. На аддитивной шкале контраст взаимодействия равен:

$\mu_{11} - \mu_{10} - \mu_{01} + \mu_{00}$(2)

Здесь μ_{ab} - средний потенциальный исход при состояниях DOOH a и другого канала b: 1 - воздействие, 0 - отсутствие. Положительный контраст означал бы взаимодействие на заданной шкале. Если наблюдаемы лишь совместное воздействие и его отсутствие, исходы раздельных воздействий не идентифицированы. Формула задаёт необходимое различение, без численной оценки [3; 10; 13; 16].

Недостаток данных ограничивает ответ, но не доказывает отсутствия эффекта. Правила опираются на стандарты и исследования измерения рекламы [1; 5; 10; 13; 14; 16], поэтому не зависят исключительно от предварительных публикаций; внешняя проверка модели остаётся необходимой.

Обсуждение

Опыт, отношение и взаимодействие самостоятельны как исходы [7; 8; 9]. Их оценка не требует обязательного измерения продаж, но внимание не обосновывает вывода о покупке. Типология сохраняет это различие, согласуясь с IAB/MRC [2], и связывает пригодность метрики с вопросом исследования.

Согласованность точек клиентского пути [3; 4] не гарантирует сопоставимости измерений. Охват без дублирования, атрибутированная выручка и причинное взаимодействие решают разные межканальные задачи; их смешение допускает несовместимые выводы из одного показателя.

Атрибуция и причинность различаются основаниями вывода, а не названием метода. Правило распределения может использоваться при обоснованной идентификации, но само не превращает приписанную выручку в дополнительную [10; 13; 14]. Агрегированная модель также требует проверки контрольных рядов и неопределённости [16; 17]. Допустимость метрики окончательно устанавливается после оценки метода её получения.

Сопоставление Route и IAB/MRC требует сохранять происхождение величин. Описание практики Route подтверждает методику организации, но не является независимой проверкой точности [23]. Условное согласование возможно при раскрытом преобразовании; оно не устанавливает ошибочности LTS или единой меры внимания для всех форматов.

При подготовке задания на измерение фиксируют исход, единицу, окно, схему сравнения и затраты; по ним проверяют вывод отчёта. Если требуется дополнительная выручка, CPM и посещений недостаточно: указываются доступные результаты и недостающие условия. Экономия бюджета или рост ROI вследствие применения модели не доказаны.

Целевой преимущественно англоязычный корпус не исчерпывает литературу; стандарты не подтверждают их исполнения участниками рынка. Эффекты неоднородных форматов не переносились, использовались рабочая публикация и препринт. Независимое двойное кодирование отсутствует; правила не проверены на связанном массиве кампаний или решениях рекламодателей. Регуляторная часть ограничена европейским руководством. Вклад относится к согласованности выбора, а не измеренной точности или универсальной оптимальности модели.

Заключение

Выбор метрики DOOH требует согласования цели, конструкта и метода получения показателя. Двухосевая типология разделяет объект измерения и тип вывода; условия сопоставимости ограничивают объединение баз. Результат процедуры - основной KPI с методом и необходимой диагностикой либо мотивированный отказ от необоснованной оценки.

Дополнительный охват, атрибутированный вклад и взаимодействие эффектов не взаимозаменяемы. Концептуальный статус и целевой корпус ограничивают обобщение. Дальнейшая проверка требует открытой документации кампаний с разными схемами идентификации и независимого сопоставления решений аналитиков. Оценивать следует обоснованность выбора и отказа, различая качество измерения и эффективность рекламы.

Литература

1. MRC Out-of-Home Measurement Standards: Phase 1 & 2 Combined / Media Rating Council. — 2025. — Final. December 2025. 58 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20OOH%20Standards%20Combined_FINAL.pdf (дата обращения: 08.09.2026).
2. Attention Measurement Guidelines / Interactive Advertising Bureau, Media Rating Council. — 2025. — Final version 1.0. November 2025. 63 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/IAB_MRC_Attention_Measurement_Guidelines_November_2025.pdf (дата обращения: 08.09.2026).
3. Verhoef P. C., Kannan P. K., Inman J. J. From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing: Introduction to the Special Issue on Multi-Channel Retailing // Journal of Retailing. — 2015. — Vol. 91, no. 2. — P. 174–181. — DOI: 10.1016/j.jretai.2015.02.005.
4. Lemon K. N., Verhoef P. C. Understanding Customer Experience Throughout the Customer Journey // Journal of Marketing. — 2016. — Vol. 80, no. 6. — P. 69–96. — DOI: 10.1509/jm.15.0420.
5. Outcomes and Data Quality Standards / Media Rating Council. — 2022. — Final. September 2022. 69 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Outcomes%20and%20Data%20Quality%20Standards%20(Final).pdf (дата обращения: 08.09.2026).
6. Wilson R. T. Out-of-Home Advertising: A Systematic Review and Research Agenda // Journal of Advertising. — 2023. — Vol. 52, no. 2. — P. 279–299. — DOI: 10.1080/00913367.2022.2064378.
7. The effect of digital signage on shoppers' behavior: The role of the evoked experience / C. Dennis, J. J. Brakus, S. Gupta [et al.] // Journal of Business Research. — 2014. — Vol. 67, no. 11. — P. 2250–2257. — DOI: 10.1016/j.jbusres.2014.06.013.
8. Mposi Z. S., Roux T., van Zyl D. Content and Process as Motivational Factors in Digital Out-of-Home Media: The Mediating Role of Interaction in User Experience // Human Behavior and Emerging Technologies. — 2025. — Vol. 2025, no. 1. — Article 8820265. — DOI: 10.1155/hbe2/8820265.
9. Herhausen D., de Jong D., Grewal D. In-Store Advertising with Digital Signage // Journal of Marketing. — 2026. — Vol. 90, no. 3. — P. 81–103. — DOI: 10.1177/00222429251351578.
10. Berman R. Beyond the Last Touch: Attribution in Online Advertising // Marketing Science. — 2018. — Vol. 37, no. 5. — P. 771–792. — DOI: 10.1287/mksc.2018.1104.
11. de Haan E., Wiesel T., Pauwels K. The effectiveness of different forms of online advertising for purchase conversion in a multiple-channel attribution framework // International Journal of Research in Marketing. — 2016. — Vol. 33, no. 3. — P. 491–507. — DOI: 10.1016/j.ijresmar.2015.12.001.
12. A Time To Event Framework For Multi-touch Attribution / D. Shender, A. Nasiri Amini, X. Bao [et al.] // Journal of Data Science. — 2024. — Vol. 22, no. 1. — P. 56–76. — DOI: 10.6339/23-JDS1101.
13. A Comparison of Approaches to Advertising Measurement: Evidence from Big Field Experiments at Facebook / B. R. Gordon, F. Zettelmeyer, N. Bhargava [et al.] // Marketing Science. — 2019. — Vol. 38, no. 2. — P. 193–225. — DOI: 10.1287/mksc.2018.1135.
14. Gordon B. R., Moakler R., Zettelmeyer F. Close Enough? A Large-Scale Exploration of Non-Experimental Approaches to Advertising Measurement // Marketing Science. — 2023. — Vol. 42, no. 4. — P. 768–793. — DOI: 10.1287/mksc.2022.1413.
15. Lewis R. A., Rao J. M. On the Near Impossibility of Measuring the Returns to Advertising. — 2013. — Working paper. Version of 12 December 2013. Материал конференции AEA 2014. — URL: https://www.aeaweb.org/conference/2014/retrieve.php?pdfid=985 (дата обращения: 08.09.2026).
16. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models / K. H. Brodersen, F. Gallusser, J. Koehler [et al.] // The Annals of Applied Statistics. — 2015. — Vol. 9, no. 1. — P. 247–274. — DOI: 10.1214/14-AOAS788.
17. Dew R., Padilla N., Shchetkina A. Your MMM is Broken: Identification of Nonlinear and Time-varying Effects in Marketing Mix Models. — 2024. — arXiv:2408.07678v1. 14 August 2024. — DOI: 10.48550/arXiv.2408.07678.
18. Snyder H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines // Journal of Business Research. — 2019. — Vol. 104. — P. 333–339. — DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
19. Jaakkola E. Designing conceptual articles: four approaches // AMS Review. — 2020. — Vol. 10. — P. 18–26. — DOI: 10.1007/s13162-020-00161-0.

20. MRC Location-Based Advertising Measurement Guidelines / Media Rating Council, Interactive Advertising Bureau, Mobile Marketing Association. — 2017. — Final version 1.0. March 2017. 45 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Location-Based%20Advertising%20Measurement%20Guidelines%20Final%20March%202017.pdf (дата обращения: 08.09.2026).
21. MRC Cross-Media Audience Measurement Standards (Phase I Video) / Media Rating Council. — 2019. — Final. September 2019. 76 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Cross-Media%20Audience%20Measurement%20Standards%20(Phase%20I%20Video)%20Final.pdf (дата обращения: 08.09.2026).
22. In-Store Retail Media: Definitions and Measurement Standards / IAB Europe, Interactive Advertising Bureau. — 2024. — Final. December 2024. 35 p. — URL: https://iabeurope.eu/wp-content/uploads/IAB-Europe_IAB-In-Store-Retail-Media-Standards_FINAL-DECEMBER-2024.pdf (дата обращения: 08.09.2026).
23. Methodology; Attention / Route Research. — Б. д. — Официальные методические страницы. Состояние на 08.09.2026. — URL: https://www.route.org.uk/methodology.php (дата обращения: 08.09.2026). URL: https://www.route.org.uk/attention.php (дата обращения: 08.09.2026).
24. Guidelines 3/2019 on processing of personal data through video devices / European Data Protection Board. — 2020. — Adopted 29 January 2020; material correction 26 February 2020. 33 p. — URL: https://www.edpb.europa.eu/sites/default/files/files/file1/edpb_guidelines_201903_video_devices_en_0.pdf (дата обращения: 08.09.2026).

Selecting Digital Out-of-Home Advertising Effectiveness Metrics in Omnichannel Communications: Aligning Objectives, Data, and Evidential Strength

Battalova Zh.A., Vakaryuk M.E.
Independent researcher

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Evaluating digital out-of-home advertising alongside other channels requires distinguishing ad delivery, audience exposure, response, and incremental business outcomes. This article develops a metric selection model aligning the evaluation question, available data, and evidential strength. A critical integrative review, document comparison, and conceptual modelling cover 24 sources: scholarly works, industry standards and methodologies, and regulatory guidance. Dated materials span 2013–2026. The proposed typology separates the measured construct from the type of inference and specifies comparability conditions for audience, behavioural, and financial measures. The procedure assesses each metric together with its measurement method, selects a primary KPI and necessary diagnostics, or declines an assessment when data are insufficient. Five logical configurations distinguish attribution from causal effects and incremental reach from cross-channel interaction. The contribution clarifies metric selection and the limits of combining measures. The model may inform measurement specifications but lacks empirical validation; findings are corpus-dependent and establish no universal performance benchmarks.

Keywords: digital out-of-home advertising, omnichannel communications, advertising metrics, attribution, incrementality, measurement comparability, conceptual modelling.

References

1. MRC Out-of-Home Measurement Standards: Phase 1 & 2 Combined / Media Rating Council. — 2025. — Final. December 2025. 58 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20OOH%20Standards%20Combined_FINAL.pdf (accessed 8 September 2026).
2. Attention Measurement Guidelines / Interactive Advertising Bureau, Media Rating Council. — 2025. — Final version 1.0. November 2025. 63 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/IAB_MRC_Attention_Measurement_Guidelines_November_2025.pdf (accessed 8 September 2026).
3. Verhoef P. C., Kannan P. K., Inman J. J. From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing: Introduction to the Special Issue on Multi-Channel Retailing // Journal of Retailing. — 2015. — Vol. 91, no. 2. — P. 174–181. — DOI: 10.1016/j.jretai.2015.02.005.
4. Lemon K. N., Verhoef P. C. Understanding Customer Experience Throughout the Customer Journey // Journal of Marketing. — 2016. — Vol. 80, no. 6. — P. 69–96. — DOI: 10.1509/jm.15.0420.
5. Outcomes and Data Quality Standards / Media Rating Council. — 2022. — Final. September 2022. 69 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Outcomes%20and%20Data%20Quality%20Standards%20(Final).pdf (accessed 8 September 2026).
6. Wilson R. T. Out-of-Home Advertising: A Systematic Review and Research Agenda // Journal of Advertising. — 2023. — Vol. 52, no. 2. — P. 279–299. — DOI: 10.1080/00913367.2022.2064378.
7. The effect of digital signage on shoppers' behavior: The role of the evoked experience / C. Dennis, J. J. Brakus, S. Gupta [et al.] // Journal of Business Research. — 2014. — Vol. 67, no. 11. — P. 2250–2257. — DOI: 10.1016/j.jbusres.2014.06.013.
8. Mposi Z. S., Roux T., van Zyl D. Content and Process as Motivational Factors in Digital Out-of-Home Media: The Mediating Role of Interaction in User Experience // Human Behavior and Emerging Technologies. — 2025. — Vol. 2025, no. 1. — Article 8820265. — DOI: 10.1155/hbe2/8820265.
9. Herhausen D., de Jong D., Grewal D. In-Store Advertising with Digital Signage // Journal of Marketing. — 2026. — Vol. 90, no. 3. — P. 81–103. — DOI: 10.1177/00222429251351578.
10. Berman R. Beyond the Last Touch: Attribution in Online Advertising // Marketing Science. — 2018. — Vol. 37, no. 5. — P. 771–792. — DOI: 10.1287/mksc.2018.1104.
11. de Haan E., Wiesel T., Pauwels K. The effectiveness of different forms of online advertising for purchase conversion in a multiple-channel attribution framework // International Journal of Research in Marketing. — 2016. — Vol. 33, no. 3. — P. 491–507. — DOI: 10.1016/j.ijresmar.2015.12.001.
12. A Time To Event Framework For Multi-touch Attribution / D. Shender, A. Nasiri Amini, X. Bao [et al.] // Journal of Data Science. — 2024. — Vol. 22, no. 1. — P. 56–76. — DOI: 10.6339/23-JDS1101.
13. A Comparison of Approaches to Advertising Measurement: Evidence from Big Field Experiments at Facebook / B. R. Gordon, F. Zettelmeyer, N. Bhargava [et al.] // Marketing Science. — 2019. — Vol. 38, no. 2. — P. 193–225. — DOI: 10.1287/mksc.2018.1135.
14. Gordon B. R., Moakler R., Zettelmeyer F. Close Enough? A Large-Scale Exploration of Non-Experimental Approaches to Advertising Measurement // Marketing Science. — 2023. — Vol. 42, no. 4. — P. 768–793. — DOI: 10.1287/mksc.2022.1413.
15. Lewis R. A., Rao J. M. On the Near Impossibility of Measuring the Returns to Advertising. — 2013. — Working paper. Version of 12 December 2013. AEA 2014 conference paper. — URL: https://www.aeaweb.org/conference/2014/retrieve.php?pdfid=985 (accessed 8 September 2026).
16. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models / K. H. Brodersen, F. Gallusser, J. Koehler [et al.] // The Annals of Applied Statistics. — 2015. — Vol. 9, no. 1. — P. 247–274. — DOI: 10.1214/14-AOAS788.
17. Dew R., Padilla N., Shchetkina A. Your MMM is Broken: Identification of Nonlinear and Time-varying Effects in Marketing Mix Models. — 2024. — arXiv:2408.07678v1. 14 August 2024. — DOI: 10.48550/arXiv.2408.07678.
18. Snyder H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines // Journal of Business Research. — 2019. — Vol. 104. — P. 333–339. — DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
19. Jaakkola E. Designing conceptual articles: four approaches // AMS Review. — 2020. — Vol. 10. — P. 18–26. — DOI: 10.1007/s13162-020-00161-0.
20. MRC Location-Based Advertising Measurement Guidelines / Media Rating Council, Interactive Advertising Bureau, Mobile Marketing Association. — 2017. — Final version 1.0. March 2017. 45 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Location-Based%20Advertising%20Measurement%20Guidelines%20Final%20March%202017.pdf (accessed 8 September 2026).
21. MRC Cross-Media Audience Measurement Standards (Phase I Video) / Media Rating Council. — 2019. — Final. September 2019. 76 p. — URL: https://mediaratingcouncil.org/sites/default/files/Standards/MRC%20Cross-Media%20Audience%20Measurement%20Standards%20(Phase%20I%20Video)%20Final.pdf (accessed 8 September 2026).
22. In-Store Retail Media: Definitions and Measurement Standards / IAB Europe, Interactive Advertising Bureau. — 2024. — Final. December 2024. 35 p. — URL: https://iabeurope.eu/wp-content/uploads/IAB-Europe_IAB-In-Store-Retail-Media-Standards_FINAL-DECEMBER-2024.pdf (accessed 8 September 2026).
23. Methodology; Attention / Route Research. — n.d. — Official methodology pages. As of 8 September 2026. — URL: https://www.route.org.uk/methodology.php (accessed 8 September 2026). URL: https://www.route.org.uk/attention.php (accessed 8 September 2026).

Цифровизация экономических соглашений в России: проблемы и перспективы

Бездудная Анна Герольдовна
доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, annaspbru@yandex.ru,

Погорельцев Александр Сергеевич
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, pogoreltsevas@yandex.ru,

Салимьянова Индира Гаязовна
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, saliindira@yandex.ru

Статья посвящена исследованию тенденций, ограничений и перспектив цифровизации экономических соглашений в Российской Федерации. Рассмотрено развитие электронного документооборота, электронной подписи, цифровых платформ и электронных перевозочных документов. На основе статистических данных выявлена положительная, но неоднородная динамика цифровизации договорных процессов, обусловленная различиями между крупным бизнесом и МСП, а также отраслевой спецификой. Выделены основные ограничения цифровой трансформации: нормативно-правовые, технологические, финансовые, кадровые и связанные с информационной безопасностью. Обоснована необходимость комплексного развития цифровой инфраструктуры, совершенствования правового регулирования, повышения совместимости информационных систем, применения искусственного интеллекта и технологий распределенных реестров. Сделан вывод о целесообразности оценки цифровизации не только по масштабу использования электронных инструментов, но и по их влиянию на трансакционные издержки и эффективность договорного взаимодействия.

Ключевые слова: цифровизация экономики, экономические соглашения, электронный документооборот, электронная подпись, цифровые платформы, искусственный интеллект, информационная безопасность, трансакционные издержки.

Цифровизация экономических соглашений становится одним из факторов повышения эффективности хозяйственной деятельности, снижения трансакционных издержек и ускорения взаимодействия между субъектами экономики. Несмотря на активное исследование цифровой трансформации бизнес-процессов, электронных соглашений, смарт-контрактов, сохраняется ряд проблем, связанных с нормативной неопределенностью, угрозами информационной безопасности, недостаточной интеграцией цифровых систем и различиями в уровне цифровой зрелости участников экономических отношений. В связи с этим актуальной остается задача систематизации существующих проблем, оценки институциональных ограничений и определения перспектив дальнейшего развития цифровых механизмов экономического взаимодействия.

Современное состояние цифровизации экономических соглашений в России характеризуется активным внедрением цифровых технологий в процессы заключения, исполнения и контроля договорных обязательств.

Расширение электронного документооборота, совершенствование нормативно-правового регулирования и распространение платформенных моделей взаимодействия последовательно изменяют традиционные механизмы заключения и исполнения экономических соглашений. При этом процесс цифровой трансформации развивается неравномерно: темпы внедрения цифровых решений различаются в зависимости от отрасли, масштаба деятельности организации и уровня ее технологической готовности. Кроме того, распространение цифровых инструментов сопровождается институциональными, технологическими и организационными ограничениями.

Одним из ключевых элементов цифровой трансформации договорных отношений является электронный документооборот (ЭДО). Российский рынок ЭДО демонстрирует устойчивую положительную динамику. В 2020–2024 гг. объем рынка систем электронного документооборота увеличился на 61 % - с 59 до 95 млрд. руб. [1] (рис.1).



Рисунок 1- Оборот рынка систем электронного документооборота в России

Согласно исследованию BusinesStat, к числу крупных участников российского рынка ЭДО относятся Контур.Диадок, Точка, Газпром Информ, Ситроникс, Saby (СБИС), Такском, Астрал, ЭДО Лайт и Сфера [1].

Основными факторами роста рынка стали расширение сфер обязательного применения электронных документов, развитие цифрового налогового администрирования и интеграция сервисов ЭДО в основные бизнес-процессы организаций [1]. Подключение к ЭДО стало обязательным для пользователей ряда государственных информационных систем, включая «Меркурий», ЕГАИС и систему прослеживаемости импортной продукции.

Положительная динамика сохранялась и в начале 2026 года: в январе количество активных пользователей систем ЭДО практически удвоилось по сравнению с декабрем 2025 года [4]. С января 2026 г. ФНС России изменила порядок применения отдельных электронных форм первичных документов, в частности прекратила использование прежних форматов электронных ТОРГ-12 и актов выполненных работ, предусмотрев применение универсального передаточного документа [6]. Одновременно расширяется перечень маркируемых товаров, для которых использование ЭДО является обязательным. С сентября 2026 г. предусматривается обязательный электронный документооборот для участников грузоперевозок на автомобильном, железнодорожном и авиационном транспорте. Полный переход государственного сектора к цифровым форматам взаимодействия планируется к 2030 году [8].

Вместе с тем рост числа пользователей ЭДО сам по себе не означает равномерного повышения уровня цифровой зрелости всех участников экономических отношений. Для оценки фактического эффекта цифровизации необходимо учитывать не только количественные показатели распространения ЭДО, но и степень интеграции соответствующих систем в договорные процессы, уровень автоматизации операций, совместимость используемых платформ и экономический результат их применения.

Существенное развитие получила практика заключения договоров в электронной форме. Например, сервис ЭДО «Контур.Диадок» предоставляет

компаниям и индивидуальным предпринимателям возможность обмениваться юридически значимыми документами в электронном виде без дублирования их на бумажном носителе [8].

Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» сформировал правовую основу использования электронной подписи в цифровом взаимодействии [10]. В последние годы практика ее применения получила широкое распространение. Согласно данным Федеральной налоговой службы России, в 2024 г. квалифицированную электронную подпись (КЭП) оформили почти 5,1 млн пользователей, что, по приведенным в источнике данным, примерно в 2,5 раза превышает совокупный показатель за предшествующий период [6]. Одновременно с расширением использования КЭП развивается система электронного документооборота, которая становится важным элементом цифрового взаимодействия государства, бизнеса и граждан.

По итогам 2025 г. объем обмена цифровыми документами между организациями вырос в 1,5 раза, а юридически значимый электронный документооборот (ЮЗЭДО) увеличился на 19 % по сравнению с 2024 г. Эти показатели свидетельствуют о дальнейшем расширении применения электронных документов в хозяйственной деятельности [4].

Особенно заметная динамика наблюдается в логистике и транспортной сфере, где электронные перевозочные документы становятся важным элементом цифровой трансформации хозяйственных отношений. По итогам 2025 г. объем электронных перевозочных документов вырос более чем в два раза по сравнению с аналогичным периодом 2024 г., а к началу 2026 г. их количество превысило 30 млн. Ежемесячно в системе оформляется более 1,7 млн электронных документов, что свидетельствует об ускорении цифровизации транспортной инфраструктуры [4].

Важную роль в цифровой трансформации играют цифровые платформы и экосистемы. Банковские сервисы, маркетплейсы, логистические платформы и B2B-системы позволяют заключать и сопровождать сделки в автоматизированном режиме, сокращая трансакционные издержки и ускоряя обмен информацией между участниками рынка. В результате экономическое соглашение все чаще становится частью единого цифрового бизнес-процесса.

Таблица 1
Индикаторы цифровизации контрактной деятельности в российском бизнес-секторе [1], [3], [10].

Показатель	2020	2021	2022	2024/2025	2024/2025	Динамика
Объём рынка ЭДО, млрд руб.	59	67	74	84	95 (2024)	Рост на 61 %
Количество выданных КЭП, млн ед.	1,9	2,5	3,2	4,4	5,1 (2024)	Рост более чем в 2,5 раза
Рост юридически значимого ЭДО между компаниями	—	+8 %	+11 %	+14 %	+19 % (2025)	Устойчивый рост
Объём электронных перевозочных документов	Базовый уровень	+18 %	+34 %	+61 %	+122 % (I полугодие 2025 г.)	Ускоренная цифровизация логистики
Доля организаций, использующих ЭДО, %	58	63	68	72	около 78	Расширение цифрового взаимодействия
Уровень использования ЭП крупным бизнесом, % компаний	74	79	84	88	свыше 90	Почти повсеместное применение
Доля МСП, использующих цифровые договоры и ЭДО, %	32	37	43	49	около 56	Постепенное внедрение

Постепенно развивается практика применения смарт-контрактов как перспективного инструмента автоматизированного исполнения отдельных условий сделки, хотя их использование пока остается ограниченным. Наиболее значительный потенциал применения смарт-контрактов связан с развитием цифровых финансовых активов, электронных расчетов и цифрового рубля.

Реализация национальных программ в сфере цифровой экономики, развитие государственных информационных систем, расширение цифровых сервисов федеральных органов власти и совершенствование законодательства формируют институциональную основу для перехода к цифровым форматам взаимодействия. Особую роль при этом играют государственные платформы, обеспечивающие электронное взаимодействие бизнеса и органов государственной власти.

Современное состояние цифровизации экономических соглашений в России можно охарактеризовать как этап активного роста и институционального закрепления цифровых механизмов взаимодействия. Об этом свидетельствуют данные, представленные в таблице 1, отражающие увеличение масштабов электронного документооборота, рост использования электронной подписи (ЭП) и расширение практики заключения электронных договоров.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что цифровизация договорных процессов развивается неравномерно, одного технологического обновления для распространения электронных соглашений недостаточно. На практике результат зависит от того, насколько цифровые решения встроены в действующие договорные процедуры, обеспечены нормативными механизмами и доступны организациям с различным уровнем ресурсов. Поэтому различия между крупным бизнесом и МСП следует рассматривать не только как следствие разного уровня технической оснащенности, но и как результат неодинаковых возможностей финансирования, подготовки персонала и адаптации внутренних процессов.

Расширение применения электронной подписи сопровождается увеличением числа юридически значимых документов, оформляемых в электронной форме. Наиболее высокие темпы цифровой трансформации наблюдаются в логистической сфере, где распространение электронных перевозочных документов характеризуется значительным ростом. При этом крупные организации сохраняют более высокий уровень внедрения цифровых решений по сравнению с субъектами малого и среднего предпринимательства, для которых переход к новым технологиям осуществляется постепенно.

Отметим, что развитие цифровых форм экономических соглашений в России сопровождается формированием соответствующей институциональной и технологической среды. Вместе с тем сохраняются существенные различия в степени использования цифровых инструментов между отдельными отраслями экономики и категориями хозяйствующих субъектов.

Несмотря на расширение использования цифровых технологий в договорных отношениях, данный процесс развивается неравномерно и сопровождается совокупностью организационных, правовых и технологических ограничений. Их воздействие проявляется в замедлении внедрения отдельных цифровых решений, возникновении дополнительных требований к организации взаимодействия участников и сохранении трансакционных издержек, связанных с переходом от традиционных к цифровым формам заключения и исполнения соглашений.

Одним из существенных ограничений остается необходимость совершенствования нормативно-правового регулирования цифровых договорных отношений. Несмотря на законодательное признание электронных документов и электронной подписи, новые технологии требуют уточнения правил использования смарт-контрактов, автоматизированного исполнения обязательств, распределения ответственности при технических сбоях и оценки электронных доказательств. Сохраняющаяся неопределенность повышает юридические риски и может увеличивать затраты на сопровождение цифровых сделок [6].

Важным условием развития цифровых соглашений является обеспечение информационной безопасности. Риски несанкционированного доступа, утечки или изменения данных и кибератак сохраняются даже при использовании современных средств защиты. Поэтому уровень киберустойчивости непосредственно влияет на доверие участников к электронным механизмам заключения и исполнения соглашений.

Темпы цифровизации также зависят от ресурсных возможностей организаций. Недостаток финансовых ресурсов, специализированного программного обеспечения и квалифицированных специалистов способен ограничивать внедрение цифровых платформ и интеграцию информационных систем, особенно в малом и среднем предпринимательстве [2]. Дополнительные затраты возникают из-за несовместимости программных решений: различия форматов данных и протоколов обмена приводят к повторному вводу информации, использованию промежуточных решений и увеличению расходов на интеграцию [5].

Существенное значение имеет кадровый фактор. Освоение цифровых технологий требует адаптации бизнес-процессов и повышения цифровых компетенций работников. Недостаточная подготовка персонала, необходимость дополнительного обучения и сложности изменения устоявшихся процедур могут замедлять цифровую трансформацию [9].

Наконец, внедрение и последующая эксплуатация цифровой инфраструктуры требуют значительных финансовых ресурсов. Расходы связаны с обновлением программного обеспечения и оборудования, интеграцией систем, обеспечением информационной безопасности и подготовкой персонала. Для организаций с ограниченными ресурсами такая финансовая нагрузка может существенно сдерживать темпы цифрового перехода.

Эффективность цифровой трансформации договорных отношений зависит от совокупности условий, включая технологическую готовность организаций, качество нормативно-правового регулирования, зрелость организационных процессов, кадровый потенциал и наличие финансовых ресурсов.

Наличие современных цифровых решений само по себе не гарантирует их результативного использования. Необходимы соответствующая инфраструктура, подготовленные специалисты, устойчивое нормативное регулирование и экономическая доступность технологий. В связи с этим дальнейшее развитие цифрового договорного взаимодействия должно быть направлено

не только на расширение технологических возможностей, но и на снижение барьеров их практического применения различными категориями хозяйствующих субъектов.

Для преодоления системных проблемам правового, технологического, организационного и институционального характера необходимым условием является формирование комплексной институциональной среды, обеспечивающей их правомерное, эффективное и безопасное использование. Современный этап цифровой трансформации характеризуется постепенным переходом от автоматизации отдельных договорных процедур к формированию взаимосвязанной цифровой среды, в которой заключение, исполнение и контроль договорных обязательств осуществляются с использованием интегрированных технологических решений.

Проведенный анализ показывает, что цифровизация экономических соглашений в России перешла от этапа внедрения отдельных электронных инструментов к изменению самой организации договорного взаимодействия. Наиболее устойчивые изменения наблюдаются в сфере ЭДО, применения электронной подписи и электронных перевозочных документов. При этом экономический эффект цифровизации определяется не самим фактом перехода к электронному формату, а сокращением времени обработки информации, уменьшением количества ручных операций и снижением связанных с ними затрат.

Выявленные ограничения свидетельствуют о том, что дальнейшее расширение цифровых соглашений связано прежде всего с устранением конкретных барьеров: нормативной неопределенности, проблем интеграции информационных систем, рисков информационной безопасности, кадровых и финансовых ограничений.

В этой связи перспективы цифровизации экономических соглашений связаны с совершенствованием нормативно-правового регулирования, развитием совместимой цифровой инфраструктуры и единых технологических стандартов, расширением применения ИИ для обработки договорной документации и выявления рисков, а также технологий распределенных реестров для повышения прозрачности и надежности фиксации операций. Одновременно необходимо укреплять информационную безопасность, совершенствовать механизмы защиты данных и реагирования на киберугрозы. Важным условием эффективности цифровой трансформации остается развитие цифровых компетенций работников в сфере электронного документооборота, управления данными, информационной безопасности и правового регулирования, что позволит повысить цифровую зрелость организаций и результативность договорного взаимодействия.

Таким образом, ключевым результатом цифровой трансформации договорных отношений должно стать не увеличение количества электронных документов само по себе, а повышение эффективности хозяйственного взаимодействия. Именно сокращение трансакционных издержек, ускорение договорных процедур и повышение прозрачности операций позволяют рассматривать цифровизацию экономических соглашений как фактор развития российской экономики.

Литература

1. Анализ рынка систем электронного документооборота в России в 2020-2024 гг.: прогноз на 2025-2029 гг - URL: https://marketing.rbc.ru/research/48670/
2. Бездудная А.Г., Салимьянова И.Г., Погорельцев А.С. Инновационные механизмы контрактного взаимодействия и их влияние на результаты хозяйственной деятельности организаций // Известия СПбГЭУ. 2026. № 4 (160). С. 99-104.
3. Индикаторы цифровой экономики: 2026: стат. сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, М. Я. Бочаров, и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2026. 304 с.
4. Количество электронных перевозочных документов увеличилось более чем в два раза в 2025 году - URL: https://mintrans.gov.ru/press-center/news/12428?ysclid= msu6iow4bt543033479
5. Краюхин Г.А., Салимьянова И.Г., Погорельцев А.С. Цифровая трансформация — инновационная модель ведения бизнеса // Проблемы современной экономики 2019. № 2. С.75-78.
6. Отчет ФНС за 2024 год: рекордные показатели в ЭДО и цифровизации - URL: https://emchd.ru/blog/news/otchet-fns-za-2024-god-rekordnye-pokazateli-v-edo-i-czifrovizaczii/?ysclid=msx3zg269z169751374
7. Погорельцев А.С. Управление экономическими отношениями региональных хозяйствующих субъектов в условиях цифровой трансформация рынка товаров, работ и услуг. СПб: СПбГЭУ. – 2025. 143 с.
8. Российский рынок СЭД, ECM и CSP-систем. Обзор TAdviser. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/СЭД
9. Салимьянова И.Г., Малюк В.И. Инструменты цифровой экономики как эффективный механизм инновационного развития производственной и непроизводственной сфер деятельности // Инновационная деятельность 2018. № 3 (46). С.84-91.
10. Цифровая экономика. Программа развития цифровой экономики в Российской Федерации. до 2035 года. - URL: https://spkurdyumov.ru› uploads/2017/05/strategy.pdf
11. Федеральный закон «Об электронной подписи» - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112701/?ysclid=msx3vsvne7851662322
12. Digitalization and the economy – challenges and opportunities - URL: https://www.researchgate.net/publication/324080211_

Digitalization of economic agreements in Russia: challenges and prospects

Bezdudnaya A.G., Pogoreltsev A.S., Salimyanova I.G.

St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article is devoted to the study of trends, limitations, and prospects for the digitalization of economic agreements in the Russian Federation. The development of electronic document management, electronic signatures, digital platforms, and electronic transport documents is examined. Based on statistical data, a positive but heterogeneous trend in the digitalization of contractual processes has been identified, обусловленная differences between large businesses and SMEs, as well as sector-specific characteristics. The main limitations of digital transformation are identified: regulatory, technological, financial, personnel-related, and those related to information security. The necessity of comprehensive development of digital infrastructure, improvement of legal regulation, enhancement of information system interoperability, and application of artificial intelligence and distributed ledger technologies has been substantiated. It is concluded that it is advisable to assess digitalization not only based on the scale of the use of electronic tools, but also based on their impact on transaction costs and the effectiveness of contractual interaction.

Keywords: digitalization of the economy, economic agreements, electronic document management, electronic signature, digital platforms, artificial intelligence, information security, transaction costs.

References

1. Market Analysis of Electronic Document Management Systems in Russia, 2020–2024: Forecast for 2025–2029 — URL: https://marketing.rbc.ru/research/48670/
2. Bezdudnaya A.G., Salimyanova I.G., Pogoreltsev A.S. Innovative Mechanisms of Contractual Interaction and Their Impact on the Economic Performance of Organizations // Izvestia of Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU). 2026. No. 4 (160). pp. 99–104.
3. Digital Economy Indicators: 2026: Statistical Compendium / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, M. Ya. Bocharov, et al.; National Research University Higher School of Economics. — Moscow: HSE Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK), 2026. 304 p.
4. The Number of Electronic Transport Documents More Than Doubled in 2025 — URL: https://mintrans.gov.ru/press-center/news/12428?ysclid=msu6iow4bt543033479
5. Krayukhin G.A., Salimyanova I.G., Pogoreltsev A.S. Digital Transformation: An Innovative Business Model // Problems of Modern Economics. 2019. No. 2. pp. 75–78. 6. Federal Tax Service (FTS) Report for 2024: Record Figures in Electronic Document Management (EDM) and Digitalization - URL: https://emchd.ru/blog/news/otchet-fns-za-2024-god-rekordnye-pokazateli-v-edo-i-czifrovizaczii/?ysclid=msx3zg269z169751374
7. Pogoreltsev A.S. Management of Economic Relations Among Regional Business Entities in the Context of the Digital Transformation of the Market for Goods, Works, and Services. St. Petersburg: UNECON (St. Petersburg State University of Economics). – 2025. 143 p.
8. The Russian Market for EDMS (Electronic Document Management Systems), ECM (Enterprise Content Management), and CSP (Content Services Platform) Systems. TAdviser Overview. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/СЭД

Факторы, определяющие конкурентоспособность табачной отрасли России в современных экономических условиях

Борисов Константин Денисович
аспирант, кафедра национальной экономики, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ddk.ion@mail.ru

Проведён анализ мирового и отечественного рынка табачной продукции, включающий оценку его текущей структуры, ключевых тенденций развития и факторов трансформации. Рассмотрены процессы технологической модернизации отрасли, изменения потребительских предпочтений, а также усиление регуляторного давления, формирующего ограничения для производства и оборота табачной продукции. Показано, что в условиях структурных изменений рынка усиливается диверсификация продуктового портфеля за счёт расширения альтернативных никотинсодержащих продуктов и бездымных форм потребления. Сделан вывод о сохранении потенциала дальнейшей трансформации отрасли при одновременном росте регуляторных и рыночных рисков.

Ключевые слова: табак, табачная отрасль, никотин, государственное регулирование, альтернативная продукция.

Согласно отчету Tobacco Market Strategy, Price Trends, Drivers, Challenges and Opportunities to 2032 («Стратегии, тенденции ценообразования, факторы роста, риски и возможности – прогноз до2032 г.»), опубликованному в 2025 г. агентством OG Analysis, несмотря на некоторые негативные тенденции и ограничения, развитие мирового рынка табачной продукции поддерживается рядом факторов, среди которых особое значение имеют: улучшение макроэкономической ситуации в третьих странах, цифровизация бизнес-процессов, направленная на повышение устойчивости отрасли, а также растущий спрос со стороны представителей нового поколения на табачную продукцию, воспринимаемую как менее вредную для здоровья [8]. Анализ мирового и отечественного рынка табачной продукции свидетельствует о наличии значительного потенциала дальнейшего роста и структурных изменений. Ожидается, что ключевые тенденции, формирующие развитие отрасли в ближайшие годы, будут связаны с технологической модернизацией, изменением потребительских предпочтений и усилением регуляторного воздействия и законотворческих инициатив, ограничивающих производство, продажу и потребление табака. В связи с этим исследование перспектив развития мирового рынка табачной продукции представляет значительный научный и практический интерес для оценки факторов его конкурентоспособности и определения стратегических направлений развития.

По данным отчета [8], показатели выручки компаний, представленных на мировом рынке табачной продукции, будут демонстрировать устойчивый рост, характеризующийся положительной среднегодовой темповой динамикой (CAGR), что обусловлено значительным увеличением спроса со стороны поколения т. н. миллениалов и рынков развивающихся стран. Дополнительными факторами роста выступают технологический прогресс в отрасли, обеспечивающий повышение эффективности производственных процессов, расширение продуктового ассортимента, совершенствование дизайна и упаковочных решений, а также оптимизацию операционного управления и систем мониторинга продаж.

Следует отметить, что экономические и социальные последствия развития табачного рынка существенно различаются в зависимости от страны и специфики национальных рынков. В связи с этим участникам отрасли необходимо разрабатывать и реализовывать стратегии, учитывающие особенности конкретных рыночных условий, уровень и степень жесткости государственного регулирования, потребительские предпочтения и характер конкурентной среды. В данной связи особую *актуальность* приобретает исследование факторов, определяющих конкурентоспособность табачной продукции на отечественном рынке. Анализ данных факторов позволяет выявить ключевые направления повышения эффективности функционирования предприятий отрасли, а также определить перспективы укрепления их рыночных позиций в условиях усиливающейся конкуренции и трансформации потребительского спроса.

Обратимся непосредственно к российскому рынку табачной продукции. Априори большинство российских регионов способны производить собственную табачную продукцию, что, несомненно, является важнейшим плюсом с точки зрения конкуренции с зарубежными брендами и производителями. Россия, пишет С. Н. Серегин, «располагает достаточным биоклиматическим потенциалом для обеспечения необходимого производства <…> продукции растениеводства с целью выработки из нее большого ассортимента» [5, с. 26]. Данный фактор мы, несомненно, классифицируем как в целом положительный – но лишь с одной оговоркой.

Некоторые регионы характеризуются ограниченной способностью к эффективному производству. Необходимо учитывать, что агроклиматические условия внутри Российской Федерации являются неоднородными, в результате чего не все регионы обладают благоприятными природно-климатическими предпосылками для возделывания соответствующих сельскохозяйственных культур. Данный фактор обусловливает территориальную дифференциацию сельскохозяйственного потенциала и ограничивает возможности повсеместного развития сырьевой базы отрасли.

Кроме того, можно отметить наличие ряда иных отрицательных факторов. В нашей стране, как, впрочем, и в большинстве других стран мы наблюдаем существенный рост на Рост цен на энергоносители, а выращивание табака и производство из него табачной продукции, как известно, являются теми отраслями промышленности, которые являются потребителями большого количества энергоресурсов. Поэтому данные отрасли нуждаются в модернизации производства для решения рассматриваемых вопросов.

По мнению С. Н. Серегина, существует еще один фактор, детерминирующий уровень конкурентоспособности отечественной табачной отрасли. Причем данный фактор имеет двоякую природу, будучи и отрицательным, и положительным. Речь идет о том, что трудовой и человеческий капитал в России имеет «высокую квалификацию и по сравнению с западными стандартами не требует высокой оплаты труда», но, при этом продуктивность и дисциплина труда россиян находится на более низком уровне по сравнению с

развитыми странами. Тем не менее, анализируя мнение большинства современных зарубежных и отечественных экономистов, С. Н. Серегин указывает на то, что в скором времени можно ожидать повышение производительности и эффективности труда, так как «экономика, располагающая большими ресурсами человеческого капитала <…> имеет в долгосрочной перспективе лучшие шансы роста, чем экономика, лишенная этих преимуществ» [5, с. 26].

А. А. Караваева говорит о том, что российский рынок табачной продукции на текущем этапе дублирует тенденции, существующие за рубежом: на рынке табака доминируют три лидирующих компании в этой сфере: Philip Morris International, British American Tobacco, Japan Tobacco International. Данные корпорации контролируют большую частью производства, расположенной по всему миру. Данные корпорации контролируют производство и выпуск на рынок табачных изделий в объеме 2/3 глобального рынка. Данный фактор нельзя считать однозначно негативным, ведь большая часть средств, полученных от продажи табачных изделий данных корпораций, пополняют бюджет страны [2, с. 624].

Тем не менее, исключительное доминирование на рынке иностранных компаний в конкретной отрасли не может не вызывать беспокойства, особенно в условиях текущей геополитической турбулентности и разрыва производственно-товарных цепочек. С позиции теории международной конкурентоспособности, продвижение национальных корпораций и брендов табачной продукции в Российской Федерации может рассматриваться как одна из возможных стратегий, несмотря на тот факт, что большинство исследователей-теоретиков посчитают такой путь заведомо проигрышным.

Отметим: как пишет В. А. Назаренко с соавт., низкая конкурентоспособность российского табака обусловлена совокупностью структурных и технологических факторов. Одной из ключевых проблем является отсутствие сильных национальных брендов, обладающих высокой узнаваемостью и устойчивыми позициями на международном рынке. Кроме того, развитие отрасли сдерживается недостаточным уровнем научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), что ограничивает возможности создания инновационных сортов табака и совершенствования технологий его переработки [3, с. 98].

Тем не менее, по нашему мнению, наличие внутреннего рынка значительного объёма, а также определённого агропромышленного и производственного потенциала создаёт предпосылки для формирования устойчивых национальных игроков. Несмотря на это, все же следует учитывать, что табачная отрасль характеризуется высокой степенью концентрации капитала и доминированием транснациональных корпораций, обладающих выраженными преимуществами в области НИОКР, брендинга, маркетинга и глобальных цепочек поставок. В этих условиях конкуренция на международных рынках носит асимметричный характер, что объективно усложняет запуск на рынок новых – не транснациональных, а локальных – игроков.

Одним из негативных факторов, оказывающих влияние на конкурентоспособность табачной отрасли России, является фактор воздействия государственного регулирования. Впрочем, данный фактор не является уникальным для нашей страны – в мире имеется немало примеров того, как законодательные ограничение фактически сводили на пнет импорт, экспорт, маркетинг, производство, продажу и потребление табака. Как пишет А. А. Караваева, и как многие другие отечественные исследователи, пишет, что табачная промышленность Российской Федерации относится к числу отраслей, функционирующих в условиях жесткого (и, более того, усиливающегося) государственного регулирования. В связи с усилением негативного воздействия табачной продукции на общественное здоровье, Россия присоединилась к Рамочной конвенции Всемирной организации здравоохранения по борьбе против табака, что обусловило формирование комплексной антитабачной политики [2, с. 624]. В рамках государственного регулирования разрабатываются дополнительные меры контроля, включая ограничения срока годности никотинсодержащих жидкостей, усиление прослеживаемости сырья и расширение акцизного регулирования, в том числе на безникотиновые жидкости, что направлено на сокращение нелегального сегмента рынка и упорядочение оборота альтернативной никотинсодержащей продукции [1].

Ключевым элементом данной политики выступает Федеральный закон «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака», предусматривающий систему мер, направленных на сокращение спроса и предложения табачной продукции. Регулирование включает ценовые и налоговые инструменты, административные ограничения, а также меры по контролю производства и реализации продукции.

Ценовая политика также относится к негативным факторам развития отрасли: она реализуется преимущественно через повышение акцизного налогообложения и поэтапное увеличение розничных цен, что снижает доступность табачной продукции для массового потребителя.

Маркетинговые и рекламные ограничения дополняют ценовые мероприятия. Так, действует комплекс ограничений в сфере рекламы, полностью запрещающий продвижение табачных изделий в средствах массовой информации, наружной рекламе и в непосредственной близости от образовательных, спортивных и культурных учреждений. Существенные ограничения установлены и в сфере розничной торговли, включая запрет на продажу табачной продукции вблизи социально значимых объектов, на транспортных узлах, а также ограничения на выкладку и демонстрацию товаров. Дополнительно запрещена реализация сигарет поштучно и в упаковках менее установленного объёма.

Следует более подробно обратить к вопросу продвижения и маркетинга табачной продукции как фактору, негативно снижающему эффективность конкуренции – особенно в случае появления локальных производителей и брендов. Рассмотрение деятельности табачных компаний в качестве участников рекламного процесса на рынке промышленности позволяет сделать вывод, что именно они находятся в заведомо невыигрышных условиях с точки зрения продвижения и продаж: они вынуждены создавать продукт, несущий вред здоровью человека и при этом продвигать его с учётом ограничений, которые связаны с употреблением табачной продукции.

Все вышеизложенное приводит к выводу о наличии еще одного фактора, детерминирующего конкуренцию в новой среде: переход от прямой рекламы «в пользу более тонких технологий продвижения товара»; конкуренция товаров переходит в сферу конкуренции идей [2, с. 624].

Данный тезис, в свою очередь, тесно пересекается фактором разработки новых продуктов [6]. Новые продукты позволяют произвести диверсификацию производства, увеличив номенклатуру товаров и услуг, производимых предприятиями. Таким образом, расширяя спектр предлагаемых продуктов в пользу «около»-табачных продуктов, табачные компании меньше зависят от постепенно снижающихся продаж классических табачных изделий [2, с. 625].

В. А. Саломатин с соавт. указывает на то, что в современных условиях развития табачной индустрии одним из приоритетных направлений деятельности производителей становится совершенствование качественных характеристик табачной продукции, а также формирование потребительского спроса на изделия, характеризующиеся сниженным содержанием токсичных компонентов [4, с. 122].

Такая практика не нова: еще в 1988 г. был опубликован отчет Главного хирурга США, направленным на переосмысление роли никотина, акцентируя его потенциальные когнитивные эффекты при одновременном снижении внимания к его аддиктивным и токсическим свойствам. Данные инициативы включали финансирование научных исследований и взаимодействие с академическими институтами, а также последующее продвижение полученных результатов через научные мероприятия и медиаканалы, нередко с проведением сравнений никотина с менее вредными стимуляторами, такими как кофеин [7].

Перспективы развития рынка альтернативной табачной и никотинсодержащей продукции в Российской Федерации во многом определяются особенностями государственного регулирования данной сферы. Эффективность функционирования и дальнейшего расширения данного сегмента рынка непосредственно зависит от нормативно-правовой базы, формируемой органами государственной власти, которая создает институциональные условия для перехода потребителей на продукцию, потенциально характеризующуюся более низким уровнем риска для здоровья по сравнению с традиционными табачными изделиями. Вместе с тем следует учитывать, что полный переход потребителей на бездымные виды продукции представляется маловероятным вследствие существования устойчивых потребительских предпочтений и поведенческих моделей, обусловливающих сохранение спроса на традиционные сигареты среди определенной части курильщиков [4, с. 122].

Тем не менее, несмотря на сохранение спроса на традиционные табачные изделия, всё большую значимость приобретают альтернативные никотинсодержащие продукты и уникальные торговые предложения, направленные на дифференциацию продукции. Так, отдельные компании внедряют технологические решения, ориентированные на снижение негативного воздействия курения на окружающих, включая уменьшение количества осыпающегося пепла и снижение интенсивности запаха табачного дыма. В рамках подобных маркетинговых стратегий акцент переносится с исключительно вкусовых характеристик продукции на возможность потребления табака при меньшем уровне дискомфорта для окружающих.

Другим направлением диверсификации ассортимента является развитие сегмента бездымной никотинсодержащей продукции, в частности снюса – разновидности жевательного табака. Особенность данного продукта заключается в том, что поступление никотина в организм происходит без процесса горения, вследствие чего отсутствует выделение табачного дыма в окружающую среду. С точки зрения производителей и дистрибьюторов дополнительным преимуществом является специфика правового регулирования данной категории продукции, которая в отдельных случаях отличается от регулирования традиционных курительных изделий.

Следует отметить, что бездымные никотинсодержащие продукты демонстрируют повышенную популярность среди молодежной аудитории, представляющей значимый сегмент потребителей табачной и никотинсодержащей продукции. В результате табачные компании стремятся не только адаптироваться к изменяющимся законодательным ограничениям, но и формировать новые пер-

спективные направления развития рынка, связанные с расширением предложения альтернативных никотинсодержащих продуктов [2, с. 624].

Таким образом, проведенное исследование позволяет прийти к следующим выводам:

Анализ мирового и отечественного рынка табачной продукции свидетельствует о наличии значительного потенциала дальнейшего роста и структурных изменений.

Ожидается, что ключевые тенденции, формирующие развитие отрасли в ближайшие годы, будут связаны с технологической модернизацией, изменением потребительских предпочтений и усилением регуляторного воздействия и законотворческих инициатив, ограничивающих производство, продажу и потребление табака.

Кроме того, продолжится диверсификация видов табачной продукции.

Литература

1. Доля незаконного оборота табака на рынке РФ в 2025 году снизилась до 9% // Интерфакс. 2026. [Электронный ресурс] Режим доступа: //www.interfax.ru/russia/1097525. – Дата доступа: 24.06.2026.
2. Караваева, А. А. Конкурентноспособность табачных компаний в условиях антитабачного законодательства / А. А. Караваева // Теория и практика современной науки. – 2015. – №6 (6). – С. 621-626.
3. Назаренко, В. А. Маркетинг табачных продуктов с пониженным риском: основные проблемы и пути их решения / В. А. Назаренко, В. О. Покуль, Л. А. Воронина, А. М. Романенко // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – №5-2. – С. 96-100.
4. Саломатин, В. А. Укрепление экономики табачного бизнеса в условиях повышения конкурентоспособности табачной продукции / В. А. Саломатин, Н. К. Романова, Е. В. Саломатина // МНИЖ. – 2019. – №3 (81). – С. 117-123.
5. Серегин, С. Н. Повышение конкурентоспособности продукции - приоритетное направление развития отрасли / С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. – 2007. – №2. – С. 26-29.
6. Influencing Science Case Studies // Tobacco Tactics. – 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tobaccotactics.org/article/influencing-science-case-studies/. – Дата доступа: 24.06.2026.
7. Ling, P. M. Tobacco company strategies to identify and promote the benefits of nicotine. / P. M. Ling, S. A. Glantz // Tob Control. – 2019. – May;28(3). – С.289-296.
8. 2025 Tobacco Market Report – Industry Size, Competition, Trends and Growth Opportunities by Region – Forecast by Types and Applications (2024-2032) OG Analysis Published, 2025. – 143 p.

Factors determining the competitiveness of the Russian tobacco industry in the current economic conditions

Borisov K.D.

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article analyzes the global and domestic tobacco market, including an assessment of its current structure, key development trends, and transformation factors. It examines the industry's technological modernization, changing consumer preferences, and increasing regulatory pressure, which imposes restrictions on the production and distribution of tobacco products. It demonstrates that, amidst structural market changes, product portfolio diversification is increasing due to the expansion of alternative nicotine-containing products and smokeless forms of consumption. It concludes that the potential for further industry transformation remains intact, despite the simultaneous increase in regulatory and market risks.

Keywords: tobacco, tobacco industry, nicotine, state regulation, alternative products.

References

1. The share of illicit tobacco trade in the Russian market decreased to 9% in 2025 // Interfax. 2026. [Electronic resource]. Available at: //www.interfax.ru/russia/1097525. – Accessed: 24.06.2026.
2. Karavaeva, A. A. Competitiveness of tobacco companies in the context of anti-tobacco legislation / A. A. Karavaeva // Theory and Practice of Modern Science. – 2015. – No. 6 (6). – pp. 621-626.
3. Nazarenko, V. A., Pokul, V. O., Voronina, L. A., & Romanenko, A. M. Marketing of reduced-risk tobacco products: key challenges and solutions / V. A. Nazarenko, V. O. Pokul, L. A. Voronina, A. M. Romanenko // Economics and Business: Theory and Practice. – 2020. – No. 5-2. – pp. 96-100.
4. Salomatin, V. A., Romanova, N. K., & Salomatina, E. V. Strengthening the economics of the tobacco business through enhanced competitiveness of tobacco products / V. A. Salomatin, N. K. Romanova, E. V. Salomatina // International Research Journal (MNIZH). – 2019. – No. 3 (81). – pp. 117-123.
5. Seregin, S. N. Improving product competitiveness as a priority for industry development / S. N. Seregin // Food Industry (Pishchevaya Promyshlennost). – 2007. – No. 2. – pp. 26-29.
6. Influencing Science Case Studies // Tobacco Tactics. – 2024 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.tobaccotactics.org/article/influencing-science-case-studies/. – Access date: 06/24/2026.
7. Ling, P. M. Tobacco company strategies to identify and promote the benefits of nicotine. / P. M. Ling, S. A. Glantz // Tob Control. – 2019. – May;28(3). – P.289-296.
8. 2025 Tobacco Market Report – Industry Size, Competition, Trends and Growth Opportunities by Region – Forecast by Types and Applications (2024-2032) OG Analysis Published, 2025. – 143 rub.

Условия доступа субъектов малого и среднего предпринимательства к различным инструментам промышленной поддержки

Бухаров Андрей Дмитриевич
магистр экономики, Санкт-Петербургский государственный университет, andreybukharov@gmail.com

Статья посвящена исследованию условий доступа субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) к различным инструментам промышленной поддержки. Научная проблема состоит в расхождении между формальной доступностью мер государственной поддержки для МСП и фактической ресурсной нагрузкой, возникающей при выполнении установленных условий участия. Цель исследования заключается в выявлении и сопоставлении параметров действующих инструментов поддержки, определяющих условия их доступности для субъектов МСП. Методология основана на сравнительном институционально-параметрическом анализе программ промышленного и технологического финансирования с формализованным кодированием барьеров доступа и построением интегральной оценки доступности. Научная новизна состоит в переходе от описательной характеристики отдельных мер поддержки к сопоставимой системе оценки условий их получения. Полученные результаты представляют интерес для органов промышленной политики и институтов развития при совершенствовании механизмов участия малого и среднего предпринимательства в проектах импортозамещения.

Ключевые слова: импортозамещение, промышленная политика, государственная поддержка, малое предпринимательство, среднее предпринимательство, доступность финансирования, институты развития, административные барьеры, промышленная кооперация, технологическое развитие.

Введение

Инструменты промышленной поддержки направляют ресурсы в приоритетные технологические сегменты и отбирают участников проектов. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ предусматривает финансовую и информационно-консультационную поддержку, содействие научно-технической деятельности, развитию кадрового потенциала и МСП [8]. Доступность этих мер зависит от способности предприятия выполнить условия участия.

Условия участия в программах промышленной поддержки непосредственно соотносятся с ресурсной базой МСП. Недостаток собственных средств, залоговых активов и специализированных компетенций повышает нагрузку при софинансировании, предоставлении обеспечения, подготовке документации и подтверждении российского происхождения продукции.

Для импортозамещения доступность поддержки МСП значима в связи с их участием в освоении специализированных производственных ниш, выпуске комплектующих и оказании технологических услуг.

Е. А. Панова связывает ограничения технологического развития промышленных МСП со структурой капитала, требованиями к залогу и недостатком долгосрочного финансирования [4]. А. А. Павлов выделяет стартовые издержки, дефицит управленческих компетенций и регуляторную нагрузку [3]. В. Г. Бондарева отмечает концентрацию кредитования у крупных заемщиков и отраслевые и региональные различия в его стоимости [2].

Н. С. Степанов рассматривает экспертизу, возвратность финансирования и мониторинг проектов ФРП [6], О. В. Титова — взаимосвязанные механизмы промышленного финансирования [7]. Е. И. Балдина, Э. М. Ахметшин и И. Г. Макарова подчеркивают значение гарантий, кластерной кооперации и закупочного спроса для включения МСП в производственные цепочки [1].

А. П. Прохоров рассматривает цифровые механизмы финансирования и обработку корпоративных данных как средства снижения информационной асимметрии [5]. Таким образом, рассмотренные исследования раскрывают отдельные ограничения и механизмы поддержки, тогда как настоящая работа сопоставляет условия доступа к различным инструментам в единой системе критериев.

Цель исследования — выявить и сопоставить параметры действующих инструментов промышленной поддержки, определяющие условия их доступности для МСП.

Научная новизна состоит в формализованном представлении условий доступа как сопоставимого набора барьеров и интегральной оценке каждого инструмента через ресурсную нагрузку на получателя.

Авторская гипотеза заключается в том, что фактическая доступность промышленной поддержки для МСП определяется совокупным действием условий входа. Наиболее существенна нагрузка от сочетания высокого минимального финансового порога, обязательного софинансирования и обеспечения возвратного финансирования.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую базу составляют 15 действующих инструментов поддержки промышленного и технологического бизнеса, различающихся экономическим содержанием, механизмом предоставления средств и целевой группой получателей [10–18].

Единицей наблюдения выступает отдельный инструмент, предусматривающий самостоятельные условия допуска заявителя и предоставления финансовой либо гарантийной поддержки. В выборку включены 7 программ Фонда развития промышленности, 3 программы Фонда содействия инновациям и 5 финансовых инструментов системы поддержки малого и среднего предпринимательства.

Источниками служат условия финансирования и нормативные документы ФРП, положения конкурсов Фонда содействия инновациям, включая «Старт-Пром-1» 2026 г., и условия финансовых инструментов Корпорации МСП [10–19].

Сопоставление инструментов основано на разграничении формальной и конструктивной доступности. Формальная доступность означает принадлежность предприятия к категории лиц, имеющих право подать заявку. В свою очередь конструктивная доступность характеризует совокупную ресурсную нагрузку, которую предприятие принимает для выполнения условий инструмента.

Для перевода качественных условий программ в сопоставимый формат сформирована система из девяти критериев. Каждый критерий кодируется по порядковой шкале от 0 до 2, где значение 0 соответствует минимальному барьеру, 1 – промежуточному, 2 – наиболее высокому. Применение трехуровневого кодирования ограничивает влияние субъективной детализации и сохраняет различия между принципиально разными конструкциями поддержки (таблица 1).

Критерии отобраны по повторяемости условий в официальной документации и самостоятельности создаваемого ими барьера. Финансовый порог характеризует абсолютный масштаб проекта, софинансирование — долю участия получателя, обеспечение — имущественную нагрузку. Требования к научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам (НИОКР) и

результатам интеллектуальной деятельности (РИД) отражают технологические обязательства, а реестровые процедуры — подтверждение соответствия продукции установленным требованиям [9; 12; 13; 15]. Финансовые и статусные фильтры характеризуют заявителя, подтвержденный спрос — связь с заказчиком, процедурная нагрузка — сложность отбора. Наличие требований оценивается исключительно по официальной документации инструмента.

Таблица 1
Система показателей оценки доступности инструментов государственной поддержки

Критерий	Правило кодирования
Финансовый порог входа	0 — минимум не установлен или относится к нижней группе; 1 — средняя группа; 2 — верхняя группа.
Софинансирование	0 — отсутствует или не превышает 10%; 1 — свыше 10% до 20% включительно; 2 — более 20%.
Обеспечение	0 — не требуется либо инструмент замещает недостаточный залог; 1 — банковская или иная гибкая модель; 2 — полное обеспечение основного обязательства и процентов.
Финансовые и операционные фильтры	0 — специальные фильтры отсутствуют; 1 — один дополнительный фильтр; 2 — два и более.
Требования к НИОКР и РИД	0 — специальные требования отсутствуют; 1 — технологический результат без обязательного НИОКР или РИД; 2 — обязательны НИОКР или получение РИД.
Реестровые и сертификационные требования	0 — специальные требования отсутствуют; 1 — одна реестровая или сертификационная процедура; 2 — несколько процедур.
Специальный статус или предшествующее участие	0 — дополнительных условий сверх принадлежности к МСП нет; 1 — одно статусное или квалификационное условие; 2 — два и более.
Подтвержденный спрос	0 — специальное подтверждение не требуется; 1 — документальное подтверждение рынка или интереса заказчика; 2 — обязательный контракт, офтейк или иной формализованный спрос.
Процедурная нагрузка	0 — упрощенная одноканальная процедура; 1 — многоэтапный отбор без нескольких внешних согласований; 2 — многоэтапный отбор с дополнительными экспертизами, внешним обеспечением или предварительными процедурами.

Источник: Составлено автором.

После кодирования рассчитывается интегральный индекс доступности инструмента для малого и среднего предпринимательства. Базовая спецификация строится на равных весах критериев, что исключает предварительное экспертное решение о большей значимости финансового, залогового или административного ограничения.

$AI_i = 1 - (\Sigma\, b_{ij}) / (2m)$, (1)

где AI_i – индекс доступности i-го инструмента для МСП;

b_{ij} – значение барьера i-го инструмента по j-му критерию;

m – количество критериев, включенных в расчет.

При девяти критериях формула принимает вид:

$AI_i = 1 - (\Sigma\, b_{ij}) / 18$. (2)

Индекс принимает значения от 0 до 1. Значение, приближающееся к 1, соответствует меньшей совокупной нагрузке условий входа (приближение к 0 характеризует концентрацию высоких барьеров). Индекс отражает именно конструкцию доступа и не интерпретируется как вероятность получения поддержки конкретным заявителем.

Результаты и обсуждение

1. Сравнительная оценка параметров доступности инструментов промышленной поддержки. Наиболее высокий абсолютный порог характерен для федеральных программ ФРП, ориентированных на капиталоемкие проекты [10].

По программам «Проекты развития» и «Комплектующие изделия» минимальный заем составляет 100 млн руб., бюджет проекта — 125 млн руб. Заемщик финансирует не менее 20% бюджета и предоставляет обеспечение на всю сумму займа с процентами [10].

В программе «Автокомпоненты» финансовые требования дополняются технологическими: при займе до 2 млрд руб. сроком до семи лет предусмотрены требования к локализации и высокотехнологичности продукции, а также подача минимум одной заявки на регистрацию РИД [10].

В программе «Лизинг» минимальный заем составляет 5 млн руб., бюджет проекта — 20 млн руб. Заявку формирует уполномоченная лизинговая компания; ФРП покрывает до 45% стоимости оборудования. В программе «Маркировка товаров» минимальный бюджет первого проекта — 5 млн руб.; обеспечение ограничено банковскими гарантиями, гарантиями или поручительствами ВЭБ.РФ [10].

Совместное федерально-региональное финансирование снижает минимальный заем со 100 до 20 млн руб., бюджет проекта — со 125 до 25 млн руб. Сохраняются 20%-ное софинансирование, полное обеспечение и технологические требования; первоначальное рассмотрение заявки проводит региональный фонд [10; 11].

Иная структура ограничений наблюдается в программах Фонда содействия инновациям.

«Старт-Пром-1» предоставляет грант до 5 млн руб. без софинансирования, ограничивая состав участников и направляя средства на НИОКР. «Старт-2» увеличивает поддержку до 10 млн руб., но требует внебюджетного софинансирования не менее 15% и успешного прохождения предыдущей стадии [12; 13].

В системе Корпорации МСП кредитование малых технологических компаний требует специального реестрового статуса, деятельности не менее трех лет, выручки от 100 млн руб., ее роста минимум на 10% и принадлежности к приоритетной отрасли. В 2026 г. ставка равна ключевой ставке Банка России за вычетом 7 п. п., лимит кредита — 1 млрд руб. [14].

Программа «Станки и роботы» требует статуса МСП, приоритетного вида деятельности и включения продукции в реестр российской промышленной продукции по Постановлению Правительства РФ от 17.07.2015 № 719. Отдельные требования к минимальной выручке и ее росту отсутствуют; основной фильтр — подтверждение российского происхождения продукции [9; 15].

«Зонтичное» поручительство Корпорации МСП замещает часть недостаточного обеспечения по банковскому кредиту, снижая имущественный барьер. При этом сохраняются требования к заемщику и условия банка-партнера [18; 19].

Совокупная нагрузка определяется сочетанием финансовых, имущественных, технологических и статусных условий входа. Для сопоставления их действия по 15 инструментам сформирована единая матрица барьеров.

2. Интегральная оценка доступности инструментов для малого и среднего предпринимательства. Для финансового порога использовано распределение минимального бюджета проекта или минимального объема финансирования по инструментам, в котором такой показатель непосредственно установлен. Нижняя граница второго терциля составила 25 млн руб., верхняя – 62,5 млн руб. Соответственно, значение 0 присваивалось инструментам без установленного минимального порога и программам с порогом до 25 млн руб. включительно, 1 – при значении свыше 25 млн руб. до 62,5 млн руб. включительно, 2 – при значении свыше 62,5 млн руб.

Таблица 2
Матрица барьеров доступа к инструментам государственной поддержки

Инструмент	ФП	СФ	ОБ	ФФ	НИ	РТ	СС	ПС	ПН	Σ барьеров
ФРП «Проекты развития»	2	1	2	0	0	1	0	0	2	8
ФРП «Комплектующие изделия»	2	1	2	0	0	1	0	0	2	8
ФРП «Производительность труда»	1	1	2	0	0	0	1	0	2	7
ФРП «Автокомпоненты»	2	1	2	0	2	1	0	0	2	10
ФРП «Лизинг»	0	2	2	0	0	0	0	0	2	6
ФРП «Маркировка товаров»	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3
«Проекты развития» ФРП с региональным фондом	0	1	2	0	0	1	0	0	2	6
«Старт-Пром-1»	0	0	0	1	2	0	1	0	1	5
«Старт-2»	0	1	0	0	2	0	1	0	1	5
«Бизнес-Старт»	0	2	0	1	0	0	2	0	1	6
Кредитование малых технологических компаний	0	0	1	2	0	0	1	0	1	5
«Станки и роботы»	1	0	1	0	0	1	1	0	1	5
ПСК на оборотные цели	0	0	1	0	0	0	2	0	1	4

Инструмент	ФП	СФ	ОБ	ФФ	НИ	РТ	СС	ПС	ПН	Σ барьеров
ПСК с субсидией Минэкономразвития России	0	0	1	0	0	0	2	0	1	4
«Зонтичное» поручительство Корпорации МСП	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2

Источник: Составлено автором по данным [10–19].

В таблице 2 представлена матрица барьеров доступа к инструментам государственной поддержки.

При кодировании специального статуса базовая принадлежность заявителя к субъектам МСП самостоятельно не учитывалась, поскольку определяется предметом исследования. Баллы присваивались только за дополнительные квалификационные ограничения конкретного инструмента.

Важно указать обозначения: ФП – финансовый порог; СФ – софинансирование; ОБ – обеспечение; ФФ – финансовые и операционные фильтры; НИ – требования к НИОКР и результатам интеллектуальной деятельности; РТ – реестровые требования; СС – специальный статус или предшествующее участие; ПС – подтвержденный спрос; ПН – процедурная нагрузка. 0 – низкий барьер, 1 – средний, 2 – высокий. ПСК — программа стимулирования кредитования.

Максимальная сумма барьеров зафиксирована по программе «Автокомпоненты» – 10 баллов из 18 возможных. Высокая оценка обусловлена одновременным действием крупного финансового порога, обязательного софинансирования, полного обеспечения, требований к результатам интеллектуальной деятельности.

По программам «Проекты развития» и «Комплектующие изделия» сумма барьеров составила по 8 баллов вследствие близких требований к финансовому порогу, софинансированию и обеспечению. У программы «Производительность труда» сумма ниже — 7 баллов: минимальный бюджет составляет 62,5 млн руб., заем — 50 млн руб., но участие в соответствующем государственном проекте создает дополнительный фильтр [10]. «Старт-Пром-1» и «Старт-2» получили по 5 баллов, «Бизнес-Старт» — 6. По формуле (2) рассчитан индекс доступности (таблица 3).

Таблица 3
Ранжирование инструментов по индексу доступности для МСП

Место	Инструмент	**Индекс AI**
1	«Зонтичное» поручительство Корпорации МСП	0,889
2	ФРП «Маркировка товаров»	0,833
3–4	ПСК на оборотные цели	0,778
3–4	ПСК с субсидией Минэкономразвития России	0,778
5–8	«Старт-Пром-1»	0,722
5–8	«Старт-2»	0,722
5–8	Кредитование малых технологических компаний	0,722
5–8	«Станки и роботы»	0,722
9–11	ФРП «Лизинг»	0,667
9–11	«Проекты развития» ФРП с региональным фондом	0,667
9–11	«Бизнес-Старт»	0,667
12	ФРП «Производительность труда»	0,611
13–14	ФРП «Проекты развития»	0,556
13–14	ФРП «Комплектующие изделия»	0,556
15	ФРП «Автокомпоненты»	0,444

Источник: Составлено автором по данным [10–19].

Ранжирование подтверждает отсутствие прямой зависимости между номинальным объемом государственной поддержки и общей доступностью инструмента. Наиболее доступным оказался механизм, который непосредственно сокращает имущественный барьер, – «зонтичное» поручительство. Вместе с тем высокое место программы «Маркировка товаров» объясняется узким характером финансируемых расходов и низким абсолютным порогом. Поэтому значение 0,833 характеризует относительную простоту условий входа для предприятия, соответствующего предмету программы.

Выделяются три механизма ограничения доступа: финансовые и имущественные барьеры федеральных инвестиционных займов; технологические и квалификационные требования инновационных грантов; отраслевые, статусные и банковские фильтры инструментов Корпорации МСП. Дальнейшая задача — проверить устойчивость этих групп независимо от институциональной принадлежности оператора.

Направления совершенствования инструментов промышленной политики

Для программ ФРП приоритетом является расширение совместного федерально-регионального финансирования, снижающего минимальный масштаб проекта при сохранении экспертизы и возвратности средств [10; 11]. Расширение региональных лимитов способно сформировать промежуточный блок между небольшими грантовыми проектами и крупными федеральными займами.

Для специализированных инструментов поддержки МСП существенны снижение имущественного барьера и адаптация банковского финансирования к структуре активов небольших предприятий [14–18]. Для инновационных грантов приоритетом выступает сокращение транзакционных затрат при прохождении стадий финансирования, оформлении РИД и коммерциализации [12]. Корректировка условий должна учитывать ресурсные возможности МСП и сохранять целевое назначение каждой меры.

Заключение

Сформулированная авторская гипотеза получила подтверждение применительно к исследованной выборке. Наиболее «жесткий» профиль доступа характерен для капиталоемких проектных инструментов, в которых одновременно действуют финансовый и имущественный барьеры. Снижение денежного порога в специализированных программах изменяет структуру ограничений. Так, в грантовой поддержке основное значение приобретают требования к НИОКР, результатам интеллектуальной деятельности и предшествующему участию, а в специализированном кредитовании МСП – статус получателя, отраслевые ограничения, реестровое подтверждение продукции и финансовые характеристики предприятия.

Научное значение исследования состоит в переводе условий доступа к промышленной поддержке в сопоставимую оценку финансовых, имущественных, технологических и административных барьеров для МСП.

Практическое применение результатов связано с адресной настройкой мер: расширением блока проектов меньшего масштаба и сопряжением займов ФРП с гарантийной поддержкой, компенсацией недостаточного обеспечения и развитием связи финансовых продуктов Корпорации МСП с промышленной кооперацией.

Литература

1. Балдина, Е. И. Механизмы экономического управления, направленные на стимулирование промышленного развития регионов России / Е. И. Балдина, Э. М. Ахметшин, И. Г. Макарова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 4, № 10(163). – С. 81–88.
2. Бондарева, В. Г. Анализ рынка кредитования МСП России в 2024 г.: структурные сдвиги, отраслевые дисбалансы и стратегии адаптации / В. Г. Бондарева // Управление, решения, анализ. – 2026. – № 2. – С. 59–63.
3. Павлов, А. А. Проблемы и драйверы развития субъектов малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации / А. А. Павлов // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 4(60). – С. 408–412.
4. Панова, Е. А. Проблемы финансирования технологического развития малых и средних промышленных предприятий / Е. А. Панова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 10, № 9(162). – С. 43–49.
5. Прохоров, А. П. Стратегическое становление развивающихся отраслей промышленности Российской Федерации с учетом цифровой трансформации, определяющей новую модель экономического развития / А. П. Прохоров // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2023. – № 4. – С. 100–108.
6. Степанов, Н. С. Технологический суверенитет и структурная адаптация экономики при поддержке Фонда развития промышленности / Н. С. Степанов // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2025. – № 69. – С. 7–20.
7. Титова, О. В. Финансовое обеспечение модернизации промышленного сектора: инновационные инструменты и механизмы привлечения инвестиций / О. В. Титова // Eurasian scientific conference: сборник статей III Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 февраля 2026 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2026. – С. 67–69.
8. Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 № 488-ФЗ // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173119/ (дата обращения: 25.08.2026).
9. Постановление Правительства РФ от 17.07.2015 № 719 (ред. от 19.08.2026) «О подтверждении производства российской промышленной продукции» // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183175/ (дата обращения: 25.08.2026).
10. Займы Фонда развития промышленности // Фонд развития промышленности: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://frprf.ru/zaymy/ (дата обращения: 25.08.2026).
11. Проекты развития с региональными фондами // Фонд развития промышленности: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://frprf.ru/zaymy-regfondy/proekty-razvitiya-s-rfrp/ (дата обращения: 25.08.2026).
12. Программа «Старт» // Фонд содействия инновациям: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://fasie.ru/programs/programma-start/ (дата обращения: 25.08.2026).
13. Запуск конкурса «Старт-Пром-1» (очередь 3) в рамках федерального проекта «Содействие проведению НИОКР в гражданских отраслях промышленности» // Фонд содействия инновациям: официальный сайт. – 2026. [Электронный ресурс]. URL: https://fasie.ru/press/fund/start-prom-3/ (дата обращения: 25.08.2026).

14. Кредитование малых технологических компаний (МТК) // Корпорация МСП: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/podderzhka-innovatsionnykh-subektov/?ysclid=mtfr7ayyyh558065406 (дата обращения: 25.08.2026).
15. Льготное кредитование предприятий станкостроения и робототехники // Корпорация МСП: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/stankotech/?ysclid=mtfr7vhzwm194785694 (дата обращения: 25.08.2026).
16. Программа стимулирования кредитования МСП на оборотные цели // Корпорация МСП: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/psk_current/ (дата обращения: 25.08.2026).
17. Программа стимулирования кредитования МСП с субсидией Минэкономразвития России // Корпорация МСП: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/psk_subsidizing/ (дата обращения: 25.08.2026).
18. «Зонтичные» поручительства // Корпорация МСП: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/to-business/obespechenie-kreditov-zaymov/zontichnye-poruchitelstva/?ysclid=mtfr93n11s670891385 (дата обращения: 25.08.2026).
19. «Зонтичные» поручительства Корпорации МСП помогли бизнесу привлечь более 108 млрд рублей в I полугодии 2026 года // Корпорация МСП: официальный сайт. – 2026. – 10 августа. [Электронный ресурс]. URL: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/zontichnye-poruchitelstva-korporatsii-msp-pomogli-biznesu-privlech-bolee-108-mlrd-rubley-v-i-polugod/ (дата обращения: 25.08.2026).

Conditions for small and medium-sized enterprises' access to various industrial support instruments

Bukharov A.D.
Saint Petersburg State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the conditions under which small and medium-sized enterprises (SMEs) gain access to various industrial support instruments. The research problem stems from the discrepancy between the formal availability of government support measures to SMEs and the actual resource burden associated with meeting the established eligibility and participation requirements. The study aims to identify and compare the key parameters of existing support instruments that determine their accessibility to SMEs. The methodology is based on a comparative institutional and parametric analysis of industrial and technological financing programs, incorporating a formalized coding of access barriers and the construction of a composite accessibility assessment. The scientific novelty of the study lies in moving beyond descriptive accounts of individual support measures towards a comparable framework for assessing the conditions under which such support can be obtained. The findings may be of practical relevance to industrial policy authorities and development institutions seeking to improve mechanisms for SME participation in import substitution projects.

Keywords: import substitution, industrial policy, government support, small enterprises, medium-sized enterprises, access to finance, development institutions, administrative barriers, industrial cooperation, technological development.

References

1. Baldina E. I., Akhmetshin E. M., Makarova I. G. Economic management mechanisms aimed at stimulating industrial development in Russian regions // Economics and Management: Problems, Solutions. 2025. Vol. 4. No. 10(163). pp. 81–88.
2. Bondareva V. G. Analysis of the Russian SME lending market in 2024: structural shifts, sectoral imbalances, and adaptation strategies // Management, Decisions, Analysis. 2026. No. 2. pp. 59–63.
3. Pavlov A. A. Problems and drivers of the development of small and medium-sized enterprises in the Russian Federation // Natural-Humanitarian Research. 2025. No. 4(60). pp. 408–412.
4. Panova E. A. Problems of financing the technological development of small and medium-sized industrial enterprises // Economics and Management: Problems, Solutions. 2025. Vol. 10. No. 9(162). pp. 43–49.
5. Prokhorov A. P. Strategic development of emerging industries in the Russian Federation in the context of digital transformation shaping a new model of economic development // Scientific Journal NRU ITMO. Series Economics and Environmental Management. 2023. No. 4. pp. 100–108.
6. Stepanov N. S. Technological sovereignty and structural adaptation of the economy with support from the Industrial Development Fund // Tomsk State University Journal of Economics. 2025. No. 69. pp. 7–20.
7. Titova O. V. Financial support for the modernization of the industrial sector: innovative instruments and mechanisms for attracting investment // Eurasian Scientific Conference: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Penza, 25 February 2026. Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2026. pp. 67–69.
8. Federal Law No. 488-FZ of 31 December 2014 "On Industrial Policy in the Russian Federation" // ConsultantPlus Legal Reference System. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173119/ (accessed: 25 August 2026).
9. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 719 of 17 July 2015 (as amended on 19 August 2026) "On Confirmation of the Production of Russian Industrial Products" // ConsultantPlus Legal Reference System. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183175/ (accessed: 25 August 2026).
10. Loans of the Industrial Development Fund // Industrial Development Fund: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://frprf.ru/zaymy/ (accessed: 25 August 2026).
11. Development Projects with Regional Funds // Industrial Development Fund: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://frprf.ru/zaymy-regfondy/proekty-razvitiya-s-rfrp/ (accessed: 25 August 2026).
12. Start Program // Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://fasie.ru/programs/programma-start/ (accessed: 25 August 2026).
13. Launch of the "Start-Prom-1" Competition (Round 3) under the Federal Project "Assistance in Conducting R&D in Civilian Industries" // Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises: Official Website. 2026. [Electronic resource]. Available at: https://fasie.ru/press/fund/start-prom-3/ (accessed: 25 August 2026).
14. Lending to Small Technology Companies (STCs) // SME Corporation: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/podderzhka-innovatsionnykh-subektov/ (accessed: 25 August 2026).
15. Preferential Lending to Machine-Tool and Robotics Enterprises // SME Corporation: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/stankotech/ (accessed: 25 August 2026).
16. SME Lending Incentive Program for Working Capital Purposes // SME Corporation: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/psk_current/ (accessed: 25 August 2026).
17. SME Lending Incentive Program Subsidized by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation // SME Corporation: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/to-business/finansirovanie-lgotnye-programmy-kreditovaniya/psk_subsidizing/ (accessed: 25 August 2026).
18. "Umbrella" Guarantees // SME Corporation: Official Website. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/to-business/obespechenie-kreditov-zaymov/zontichnye-poruchitelstva/ (accessed: 25 August 2026).
19. SME Corporation's "Umbrella" Guarantees Helped Businesses Raise More than RUB 108 Billion in the First Half of 2026 // SME Corporation: Official Website. 10 August 2026. [Electronic resource]. Available at: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/zontichnye-poruchitelstva-korporatsii-msp-pomogli-biznesu-privlech-bolee-108-mlrd-rubley-v-i-polugod/ (accessed: 25 August 2026).

Динамика и структурные сдвиги в агропромышленном комплексе России в 2014–2024 гг.: аналитический обзор отраслевой статистики

Викентьева Кристина Геннадьевна
аспирант, кафедра агроэкономики, экономический факультет, МГУ им. М. В. Ломоносова, k.vikentjeva@gmail.com

В рамках исследования произведен комплексный анализ трансформации российского агропромышленного комплекса в 2014–2024 гг. На основе официальных данных произведено исследование динамики физического и номинального выпуска, внешнеторговый баланс, уровень самообеспеченности, а также выявлены основные институциональные и отраслевые сдвиги. В частности, установлено, что реальный объем сельскохозяйственного производства увеличился на 28,8% при росте номинальной стоимости в 2,32 раза, а главными институциональными сдвигами стали сокращение доли хозяйств населения, усиление позиций сельскохозяйственных организаций и крестьянских хозяйств, а также масличная специализация растениеводства и индустриализация мясного животноводства. Особое внимание уделено санкционному фактору. В частности, установлено, что российское продовольственное эмбарго 2014 г. стимулировало рост в отраслях с коротким циклом, а финансово-технологические санкции 2022 г. привели к росту издержек и замедлению обновления техники. В то же время определены и положительные аспекты санкционного давления. В результате проведенного исследования сделан вывод об асимметричности продовольственной безопасности России на современном этапе и необходимости осуществления перехода к обеспечению технологического суверенитета в секторе для стабилизации положения.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, продовольственная безопасность, санкции, экспорт продовольствия, сельскохозяйственная техника.

Введение

Агропромышленный комплекс России в 2014–2024 гг. развивался под воздействием разнонаправленных сил: введения продовольственного эмбарго, девальвации рубля, усиления государственной поддержки импортозамещения, а затем – масштабных финансово-технологических санкций. Эти шоки не просто изменили объемы выпуска, но инициировали глубокую структурную перестройку. Цель статьи – систематизировать отраслевую статистику, выявить масштабы и направления трансформации, а также соотнести наблюдаемые сдвиги с динамикой санкционного режима. Задачи включают анализ номинальной и реальной динамики, институциональных и отраслевых сдвигов, эволюции внешней торговли, оценку продовольственной безопасности, состояния технической базы и роли санкций в этих процессах.

Методика

Исследование опирается на три статистических контура: сельское хозяйство (растениеводство и животноводство), пищевая промышленность и внешняя торговля продукцией АПК. Информационная база сформирована на основе официальных данных Росстата, включая ежегодные сборники «Сельское хозяйство в России», бюллетени о наличии техники, таблицы продовольственной самообеспеченности, а также материалов Минсельхоза России и Федерального центра «Агроэкспорт» [1; 2; 3; 4]. Использованы положения Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [5], а также нормативные акты, регулирующие специальные экономические меры [6; 7].

Стоимостные показатели приведены в фактически действовавших ценах; для разделения ценового и физического эффектов они сопоставлены с индексами физического объема, рассчитываемыми в сопоставимых ценах. Рассчитывались базисные темпы прироста, среднегодовые темпы (CAGR), абсолютный структурный сдвиг $K_s = \frac{1}{2}\sum | d_{i,2024} - d_{i,2014} |$ и индекс Херфиндаля – Хиршмана (HHI) для оценки концентрации экспорта. Важное уточнение: оперативная оценка стоимости сельхозпродукции за 2024 г. (около 8,90 трлн руб.) впоследствии пересмотрена до 9,361 трлн руб. [1]. В работе используется окончательное значение.

Общая динамика производства

Номинальная стоимость продукции сельского хозяйства в России выросла с 4,03 трлн руб. в 2014 г. до 9,36 трлн руб. в 2024 г. – в 2,32 раза (среднегодовой прирост 8,8%). Однако расчетный физический объем увеличился на 28,8% (среднегодовой реальный прирост около 2,6%) – табл. 1.

Таблица 1
Основные результаты развития АПК России в 2014–2024 гг.

Показатель	2014 г.	2024 г.	Изменение
Продукция сельского хозяйства в текущих ценах, трлн руб.	4,031	9,361	+132,2%
Физический объем сельхозпроизводства (расчетно)	100	128,8	+28,8%
Среднегодовой номинальный прирост, %	–	–	8,8
Среднегодовой реальный прирост, %	–	–	ок. 2,6
Производство пищевых продуктов, физ. объем	100	~147,9	+47,9%
Доля сельхозорганизаций, %	51,7	60,5	+8,8 п.п.
Доля хозяйств населения, %	38,2	25,4	–12,8 п.п.
Доля КФХ и ИП, %	10,2	14,2	+4,0 п.п.
Численность занятых в сельском хозяйстве, млн чел.	4,867 (2015)	3,765	–22,6%

Источник: составлено автором по [1; 3].

Как видно из представленных в таблице 1 данных, номинальная и реальная динамика кардинально расходятся. Более половины номинального увеличения вызвано ростом цен. В 2024 г. при номинальном приросте 10,2% физический объем сократился на 3,3% (растениеводство – на 6,2%, животноводство +0,5%). Это подтверждает, что судить о масштабах роста лишь по текущим ценам некорректно. Одновременно пищевая промышленность росла быстрее первичного сектора, а институциональная структура сдвинулась в пользу сельхозорганизаций и фермеров. В динамике выделяются четыре этапа: 2014–2016 гг. – шоковое импортозамещение; 2017–2019 гг. – замедление и адаптация; 2020–2022 гг. – ускорение (рекордный урожай 2022 г. – 157,7 млн т зерна); 2023–2024 гг. – климатическая коррекция и стагнация.

Институциональная трансформация

Главный институциональный сдвиг – перераспределение производства между категориями хозяйств. Доля сельхозорганизаций выросла с 51,7 до 60,5%, КФХ и ИП – с 10,2 до 14,2%, а доля хозяйств населения сократилась с 38,2 до 25,4% (табл. 2). Интегральный структурный сдвиг составил 12,8 п.п.

Таблица 2
Производство продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств

Категория хозяйств	2014 г., млрд руб.	2024 г., млрд руб.	Номинальный прирост, %	Доля в 2014 г., %	Доля в 2024 г., %	Сдвиг, п.п.
Сельскохозяйственные организации	2083,0	5659,1	+171,7	51,7	60,5	+8,8
Хозяйства населения	1538,4	2374,2	+54,3	38,2	25,4	–12,8
КФХ и ИП	409,7	1327,8	+224,1	10,2	14,2	+4,0
Всего	4031,1	9361,1	+132,2	100,0	100,0	–

Источник: расчеты автора по данным Росстата [1].

Анализируя таблицу 2, важно подчеркнуть, что переход от смешанной модели к коммерческой не свелся к укрупнению агрохолдингов: сектор КФХ показал наивысший номинальный рост (в 3,24 раза), что говорит о формировании самостоятельного фермерского сегмента. Снижение роли хозяйств населения может быть объяснено в первую очередь такими факторами, как старение населения, сжатие сельских территорий и ужесточение требований к качеству производимой продукции. Таким образом, возможно заключить, что в рассматриваемый период в России наблюдалось усиление крупного корпоративного и среднего товарного уклада.

Структурные сдвиги в растениеводстве

В рассматриваемый периоде наблюдался значительный рост доли растениеводства в валовом выпуске - с 49,3 до 52,9%. Пиковое значение при этом наблюдалось в 2022 г. - 57,8%. При этом ключевым сдвигом в сегменте стал переход к масленичной специализации. Так, посевы масличных расширились на 7,1%, до 18,86 млн га, в то время как площади зерновых сократились на 4%, т.е. до 46,1 млн га. Основные данные о посевных площадях ключевых масличных культур в России представлены в таблице 3.

Таблица 3
Посевные площади масличных культур в 2024 г.

Культура	Площадь, млн га	Изменение за год, %
Соя	4,294	+18,4
Рапс	2,726	+29,3
Масличный лен	1,668	+18,3
Подсолнечник	9,755	–0,6

Источник: составлено автором по [3].

Из таблицы 3 видно, что масличный клин расширялся прежде всего за счёт сои и рапса, тогда как площадь подсолнечника стабилизировалась. Это свидетельствует о диверсификации масличного сектора, которая снижает его уязвимость к колебаниям цен на отдельную культуру и открывает новые экспортные ниши. В сочетании с общим ростом производства масличных в 2,34 раза (табл. 4) такая динамика подтверждает целенаправленную переориентацию растениеводства на маржинальные и востребованные мировым рынком культуры.

Таблица 4
Производство основных сельскохозяйственных культур, млн т

Вид продукции	2014 г.	2024 г.	Изменение, %	CAGR, %
Зерновые и зернобобовые	105,2	125,9	+19,7	1,8
Пшеница	59,7	82,6	+38,4	3,3
Сахарная свекла	33,5	45,1	+34,6	3,0
Масличные культуры	12,9	30,2	+134,1	8,9
Подсолнечник	8,5	16,9	+98,8	7,1
Соя	2,37	7,10	+199,5	11,6
Рапс	1,34	4,70	+251,8	13,4
Картофель	24,3	17,8	–26,7	–3,1
Овощи	12,8	13,9	+8,6	0,8

Источник: расчеты автора по [1].

Таблица 4 демонстрирует, что сформировалось трехъядерное экспортное ядро – зерно, масличные, продукты их переработки. При этом внутренне значимые сектора (картофель, овощи) либо сократились, либо стагнировали. Такая поляризация означает, что растениеводство всё заметнее работает на внешний спрос, а задачи гарантированного снабжения населения базовыми продуктами отходят на второй план, создавая риски для сбалансированного питания.

Структурные сдвиги в животноводстве

Производство скота и птицы на убой в убойном весе увеличилось на 33% – до 12,0 млн т (табл. 5). Почти 80% обеспечили птицеводство (42,5%) и свиноводство (37,2%). Молочное производство выросло лишь на 12,7%, а поголовье КРС сократилось примерно на 15% (до 16,38 млн голов).

Таблица 5
Производство основных видов продукции животноводства

Показатель	2014 г.	2024 г.	Изменение, %	CAGR, %
Скот и птица на убой (убойный вес), млн т	9,03	12,00	+33,0	2,9
Молоко, млн т	30,0	33,8	+12,7	1,2
Яйца, млрд шт.	41,7	46,7	+12,0	1,1

Источник: составлено автором по [1].

Данные таблицы 5 показывают, что животноводство приобрело двухскоростную структуру: индустриальное мясное производство росло темпами, кратными темпам молочного сектора. Концентрация усилилась: доля сельхозорганизаций в мясе достигла 84,2%, в молоке – 60,8%. Это означает, что достижение пороговых значений по мясу не сопровождается аналогичным успехом по молоку, а отраслевая политика остаётся асимметричной, стимулируя в первую очередь «быстрые» подотрасли.

Опережающее развитие пищевой промышленности

Производство пищевых продуктов за 2014–2024 гг. выросло в физическом объеме на 47,9% (среднегодовой темп 4,0%), существенно опережая первичное сельское хозяйство (28,8%). В 2024 г. индекс пищевой промышленности составил 103,5%, контрастируя со спадом в растениеводстве. Это указывает на углубление переработки, повышение товарности и использование запасов, однако экспортный потенциал глубокой переработки реализован не полностью, что подтверждается последующей статистикой внешней торговли.

Внешняя торговля и продовольственная безопасность

Внешнеторговый баланс качественно изменился: от дефицита 21,0 млрд долл. в 2014 г. к профициту 5,4 млрд долл. в 2024 г. (экспорт – 43,1 млрд долл., импорт – 37,7 млрд долл., физический объем экспорта – 109 млн т). Однако структура экспорта сохраняет низкую степень диверсификации: на зерно и масложировую продукцию (товары первичной переработки) приходится свыше 57% стоимости, тогда как доля продукции высокой степени переработки снизилась с 15 до 12% (табл. 6). Индекс Херфиндаля – Хиршмана вырос с 2113 до 2301 пунктов, подтверждая усиление концентрации на товарах низких переделов.

Таблица 6
Товарная структура российского аграрного экспорта, %

Товарная группа	2020 г.	2024 г.	Изменение, п.п.
Зерновые	33	37	+4
Масложировая продукция	16	20	+4
Прочая продукция АПК	14	14	0
Пищевая продукция высокой переработки	15	12	–3
Рыба и морепродукты	17	11	–6
Мясная и молочная продукция	4	5	+1

Источник: составлено автором по [4].

Анализ таблицы 6 позволяет утверждать, что экспортная экспансия сопровождается не диверсификацией, а усилением сырьевой и полуобработанной специализации. Рост доли зерновых и масел при сокращении продукции высокой переработки и рыбы означает, что страна наращивает физические объёмы поставок, но получает за них относительно меньшую добавленную стоимость. В результате аграрный экспорт стал более уязвимым к изменениям мировых цен и к внешнеторговым ограничениям, в т.ч. санкционному давлению, что подтвердилось, в частности, после того как ЕС в 2024 г. поднял пошлины на зерно и масличные [8].

Самообеспеченность по-прежнему носит поляризованный характер (табл. 7). Так, как видно из представленных данных, по зерну (152,4%), растительному маслу (260,2%), сахару (107,1%), мясу (101,9%) и рыбе (125,4%) пороговые индикаторы Доктрины перекрыты с большим запасом, тогда как по молоку (84,7%), плодам и ягодам (43,1%), картофелю (92,0%) и овощам (88,6%) нормативные уровни остаются недостигнутыми.

Таблица 7
Самообеспеченность основными продуктами в 2024 г., %

Продукция	Фактический уровень	Порог Доктрины	Отклонение, п.п.
Зерно	152,4	95	+57,4
Растительное масло	260,2	90	+170,2
Сахар	107,1	90	+17,1
Мясо	101,9	85	+16,9
Рыба	125,4	85	+40,4
Молоко	84,7	90	–5,3
Картофель	92,0	95	–3,0
Овощи и бахчевые	88,6	90	–1,4
Плоды и ягоды	43,1	60	–16,9
Соль поваренная	62,1	85	–22,9

Источник: составлено автором по [1; 3; 5].

Таким образом, возможно заключить, что продовольственная безопасность России имеет во многом асимметричный характер. С одной стороны, имеются значительные излишки по зерну, маслу, сахару и мясу, с другой стороны, наблюдается сохранение устойчивой зависимости от импорта по молоку, плодам, овощам и соли. Более того, существует значительная асимметрия в экономической доступности продовольствия для населения. Так, в результате инфляционного всплеска 2014–2015 гг., спровоцированного в том числе эмбарго, продовольственная инфляция составила 15,4% в 2014 г. и 14,0% в 2015 г. [1]. При этом в 2014–2017 гг. наблюдалось снижение реальных располагаемых доходов населения. В таких условиях произошло ощутимое сужение потребительского выбора и сформировалась скрытая компонента продовольственной небезопасности, не отражаемую коэффициентами самообеспеченности. Следовательно, формальное достижение пороговых уровней валового производства ещё не означает полноценной доступности продовольствия для всех слоёв населения.

Материально-техническая база

В период с 2021 по 2024 г. приобретение новых тракторов сократилось на 20%, зерноуборочных комбайнов — на 38,5%, а коэффициенты обновления опустились до 3,55% и 4,08% соответственно. Одновременно удельный вес отечественных машин в закупках увеличился. Так, по тракторам наблюдался рост с 29,9% до 37,0%, а по комбайнам — до 52,4% (табл. 8).

Таблица 8
Показатели обновления парка сельскохозяйственной техники

Показатель	2021 г.	2024 г.	Изменение
Приобретено новых тракторов, ед.	9534	7631	–20,0%
Приобретено новых комбайнов, ед.	4462	2744	–38,5%
Коэффициент обновления тракторов, %	4,39	3,55	–0,84 п.п.
Коэффициент обновления комбайнов, %	6,75	4,08	–2,67 п.п.
Доля отечественных тракторов в закупках, %	29,9	37,0	+7,1 п.п.
Доля отечественных комбайнов в закупках, %	36,6	52,4	+15,8 п.п.

Источник: составлено по данным бюллетеней Росстата [2].

Анализируя данные таблицы 8 возможно выявить критическое внутренне противоречие. Дело в том, что в рассматриваемый период импортозамещение в технике приобрело структурную форму — замещение поставщиков не сопровождалось расширением инвестиций. Абсолютное сокращение закупок и падение коэффициентов обновления при росте доли отечественных машин означают, что парк стареет, а воспроизводство основного капитала замедляется. Это создаёт угрозу накопления технологического износа и снижения производительности в среднесрочной перспективе.

Санкционные факторы структурной трансформации агропромышленного комплекса России

Для корректной оценки санкционного воздействия необходимо разграничивать четыре вида ограничений: внешние секторальные санкции (против банков, компаний, технологий), российское продовольственное эмбарго, торгово-тарифные барьеры и эффект избыточного соблюдения. Принципиально, что западные санкции в основном не были направлены на продовольствие – в санкционных режимах предусматривались изъятия для сельскохозяйственных товаров и удобрений [9]. Поэтому санкционный режим воздействовал через систему разнонаправленных каналов: защита внутреннего рынка, девальвация, удорожание кредита и импортных ресурсов, логистические и расчетные сложности, господдержка.

Хронологически выделяется два режима. Первый (2014–2021 гг.) – доминирование российского продовольственного эмбарго [6; 7], которое сократило импорт запрещенных товаров примерно на 80% из стран ЕС [10]. Наибольший положительный эффект получили свиноводство и птицеводство. Эмбарго создало ренту защищенного рынка, но одновременно привело к дополнительному росту потребительских цен: по оценкам, в краткосрочном периоде продовольственная инфляция достигала 15,4% в 2014 г. и 14,0% в 2015 г. [1]. Параллельная девальвация рубля повысила конкурентоспособность зернового экспорта, но удорожила импортные семена, генетику, оборудование.

Второй режим (2022–2024 гг.) сместил акцент на финансово-технологические ограничения. Санкции против банков, отключение от SWIFT, транспортные запреты и отказ зарубежных поставщиков резко повысили издержки. По данным мониторинга предприятий Банка России, в 2022 г. сельхозпроизводители фиксировали существенный рост издержек, наиболее заметный по импортным семенам и ветеринарным препаратам [11]. Однако физический выпуск не обвалился благодаря инерционности отрасли, запасам ресурсов и продовольственным исключениям. Негативное воздействие проявилось в замедлении обновления техники и росте себестоимости.

Сопоставление санкционных этапов с отраслевой динамикой позволяет увидеть следующую асимметрию: в зерновом и масличном комплексах положительный эффект девальвации перевешивал, в свиноводстве и птицеводстве эмбарго сыграло роль ускорителя, тогда как в молочном, плодоовощном секторах и сельхозмашиностроении технологические и инвестиционные ограничения оказались более значимыми.

Санкционный режим произвел сегментированный эффект. Отрасли, способные быстро нарастить выпуск за счёт защищённого рынка (свиноводство, птицеводство), стали бенефициарами. Сектора с длинным инвестиционным циклом (молочное скотоводство, плодоводство) и сельхозмашиностроение получили преимущественно отрицательное воздействие, выразившееся в удорожании ресурсов и сокращении инвестиций. Такая дифференциация углубляет структурные дисбалансы АПК.

В 2024 г. ЕС ввел повышенные тарифы на российские зерновые, масличные и продукты их переработки [8], однако основной спрос уже был переориентирован на Ближний Восток, Африку и Азию, что ограничило прямой эффект.

Таким образом, санкционный фактор выступил катализатором трансформации, но не ее единственной причиной. Контрэмбарго ускорило концентрацию производства в крупных организациях и развитие индустриального животноводства; технологические санкции 2022 г. закрепили переориентацию на отечественное оборудование, замедлив обновление фондов.

Систематизация структурных сдвигов

Основные направления трансформации АПК, их статистическое проявление и экономическое содержание обобщены в табл. 9.

Таблица 9
Основные направления трансформации АПК в 2014–2024 гг.

Направление	Статистическое проявление	Экономическое содержание
Коммерциализация	Доля организаций и КФХ выросла с 61,8 до 74,6%	Снижение роли натурального хозяйства
Концентрация	Доля сельхозорганизаций – 60,5%	Укрупнение и индустриализация
Развитие фермерства	Доля КФХ – 14,2%, номинальный выпуск – более чем втрое	Формирование товарного среднего агробизнеса
Масличная специализация	Площадь масличных в 2024 г. выросла на 7,1%	Ориентация на маржинальный спрос
Индустриализация животноводства	Птица и свинина – 80% производства на убой	Доминирование коротких стандартизированных циклов
Углубление переработки	Пищевая промышленность росла быстрее сельского хозяйства	Увеличение добавленной стоимости внутри страны
Экспортная ориентация	Экспорт ~43 млрд долл. и 109 млн т	Встраивание АПК в глобальные рынки
Концентрация экспорта на товарах низких переделов	Зерно и масла – >57% стоимости экспорта	Ограниченное развитие экспорта глубокой переработки
Высвобождение труда	Занятость сократилась на 22,6%	Рост производительности и концентрация
Техническое импортозамещение	Доля российской техники в закупках выросла	Изменение структуры поставщиков
Замедление обновления фондов	Закупки новых машин сократились	Риск накопления технологического износа

Источник: составлено автором.

В таблице 9 систематизируются все выявленные сдвиги, демонстрируя, что трансформация АПК носила многомерный характер. Она сочетала прогрессивные изменения (коммерциализация, рост фермерства, углубление переработки) с тревожными тенденциями (сырьевая концентрация экспорта, замедление обновления фондов). Обобщённые данные дают основание заключить, что приоритетом аграрной политики должно стать не валовое наращивание производства, а ликвидация технологических и продуктовых дисбалансов.

Обсуждение

Выполненный анализ свидетельствует о том, что десятилетнюю трансформацию российского АПК невозможно объяснить простой линейной схемой «санкции – рост производства». Результаты соотносятся с выводами других, более ранних исследований. Так, в исследовании З. Кутлиной-Димитровой [10] продемонстрировано, что российское продовольственное эмбарго

привело к падению импорта запрещённой продукции из ЕС приблизительно на 80%, но производственный отклик проявился лишь в некоторых отраслях. В то же время в проведенном исследовании зафиксирован институциональный сдвиг — перераспределение удельных весов от хозяйств населения к сельхозорганизациям — и показано, что производственная концентрация шла параллельно с развитием фермерского уклада, тогда как оценки, опирающиеся только на агрегированные индикаторы самообеспеченности, такой параллельный процесс не улавливают. Такого рода специфика исследования позволяет уточнить понимание структурных последствий эмбарго: защищённый внутренний рынок дал импульс и крупным, и средним производителям, но не предотвратил ослабления сектора личных подсобных хозяйств.

Характерно, что самый заметный рост происходил в секторах с коротким производственным циклом — птицеводстве и свиноводстве, а также в зерномасличном комплексе, в то время как молочное животноводство и плодоовощная отрасль показали лишь ограниченное импортозамещение. Объяснение видится в длине инвестиционного цикла. Там, где выпуск наращивается за один-два года, защищенный рынок дает отдачу быстро, а там, где требуются многолетние вложения в стадо, сады и инфраструктуру хранения, тот же стимул срабатывает с запозданием. Если перенести это различие в технологическую плоскость (семена, генетический материал, оборудование), становится объяснимым противоречие между сохранением физических объемов выпуска и замедлением обновления основных фондов в России после 2022 г.: инерция отрасли позволяет удерживать текущее производство, тогда как последствия недоинвестирования проявляются за пределами наблюдаемого периода.

При этом сформулированный в рамках данного исследования аргумент о перемещении санкционного давления из сферы спроса в сферу затрат подкрепляется данными мониторинга предприятий Банка России, фиксировавшего в 2022 г. рост издержек у преобладающей части аграрных предприятий [11].

Необходимо отметить, что такого рода наблюдения демонстрируют, что общие индикаторы продовольственной безопасности по сути могут способствовать скрытию нарастания технологической уязвимости и, соответственно, продовольственной безопасности в долгосрочной перспективе. Это по сути актуализирует вопросы о разделении продовольственного и технологического суверенитета и безопасности и границах экстенсивного импортозамещения.

Также важно, что выявленные в рамках исследования фактические высокая концентрация экспорта на продуктах невысокой степени переработки и сокращение доли глубоко переработанных товаров в нем по сути не совпадают с официальным целевым курсом РФ, согласно которому фокус в рамках экспорта должен ставится на продукции с высокой добавленной стоимостью.

Выводы

За рассматриваемый период отечественный АПК стал крупнотоварным, концентрированным и экспортоориентированным. Так, за 2014-2024 гг. физический объём производства возрос на 28,8%, а профицит торгового баланса составил 5,4 млрд долл. В то же время качество роста российского агропромышленного комплекса неравномерно. Так, в десятилетний период наиболее активно развивались лишь зерново-масличный комплекс и промышленное мясное производство. Молочная, плодоовощная и картофельная отрасли же наоборот — не продемонстрировали должного роста. Более того, расширение экспорта связано в первую очередь с товарами низких переделов. В целом наблюдается углубление специализации на товарах низких переделов. Также важно, что продовольственная безопасность по сути является ассиметричной и не гарантирующей экономическую доступность продовольствия для части населения. Контрэмбарго 2014 г. создало защитный импульс для отраслей АПК, а последующие финансово-технологические ограничения, введенные странами Коллективного Запада в отношении России, привели к значительному росту издержек и долгосрочных технологических рисков. При этом в оба санкционных подпериода наблюдалось несоответствие и неравномерность параметров номинально-стоимостного роста, физического расширения и структурного перераспределения, что по сути может быть интерпретировано как объективные результаты аграрной политики РФ.

Такого рода вывода по сути указывают на необходимость концентрации государства в дальнейшем на преодолении продуктовых и технологических дисбалансов, а также ускоренном обновлении основных фондов и углублении степени переработки. Особую актуальность при этом имеют такие направления, как селекция и семеноводство, молочное и племенное скотоводство. В то же время критическое значение имеет развитие инфраструктуры хранения и поддержка инвестиций в отечественное сельскохозяйственное машиностроение, в т.ч. за счет увеличения абсолютных объёмов закупок техники.

Литература

1. Росстат. Сельское хозяйство в России. 2025: стат. сб. – М., 2025.
2. Росстат. Наличие тракторов, сельскохозяйственных машин и энергетических мощностей в сельскохозяйственных организациях: бюллетени, 2021–2024. – М., 2025.
3. Минсельхоз России. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2024 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – М., 2025.
4. Агроэкспорт, федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России. Обзор внешней торговли продукцией АПК России в 2024 году. – М., 2025.
5. Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 (ред. от 10.03.2025) «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс».
6. Указ Президента РФ от 06.08.2014 № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс».
7. Постановление Правительства РФ от 07.08.2014 № 778 «О мерах по реализации указов Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 г. № 560 и др.» // СПС «КонсультантПлюс».
8. Council Regulation (EU) 2024/1652 of 30 May 2024 amending Annex I to Regulation (EEC) No 2658/87 on the tariff and statistical nomenclature and on the Common Customs Tariff. – URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1652/oj (дата обращения: 12.09.2026).
9. U.S. Department of the Treasury, Office of Foreign Assets Control. Fact Sheet: Russia Sanctions and Agricultural Trade (July 2022). – URL: https://ofac.treasury.gov/sanctions-programs-and-country-information/ukraine-russia-related-sanctions (дата обращения: 12.09.2026).
10. Kutlina-Dimitrova Z. The economic impact of the Russian import ban: a CGE analysis // Chief Economist Note, European Commission, DG Trade. – 2017. – № 3.
11. Банк России. Мониторинг предприятий. – М., 2022. – URL: https://cbr.ru/dkp/mp/ (дата обращения: 12.09.2026).

Dynamics and Structural Shifts in the Russian Agro-Industrial Complex in 2014–2024: An Analytical Review of Sectoral Statistics

Vikentyeva K.G.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The study provides a comprehensive analysis of the transformation of the Russian agro-industrial complex from 2014 to 2024. Using official data, the study examined the dynamics of physical and nominal output, the foreign trade balance, and the level of self-sufficiency, and identified key institutional and industry shifts. Specifically, it was found that real agricultural production increased by 28.8%, while nominal value increased by 2.32 times. The key institutional shifts included a reduction in the share of household farms, the strengthening of agricultural organizations and peasant farms, as well as the specialization of oilseed crop production and the industrialization of beef livestock. Particular attention is paid to the sanctions factor. Specifically, it was found that the 2014 Russian food embargo stimulated growth in short-cycle industries, while the financial and technological sanctions of 2022 led to increased costs and a slowdown in equipment upgrades. At the same time, positive aspects of the sanctions' impact were also identified. The study concluded that food security in Russia is asymmetrical at the present stage and that a transition to ensuring technological sovereignty in the sector is necessary to stabilize the situation.

Keywords: agro-industrial complex, food security, sanctions, food exports, agricultural machinery.

References

1. Rosstat. Agriculture in Russia. 2025: Statistical Compendium. – Moscow, 2025.
2. Rosstat. Availability of Tractors, Agricultural Machinery, and Power Capacities in Agricultural Organizations: Bulletins, 2021–2024. – Moscow, 2025.
3. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. National Report on the Progress and Results of the Implementation of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials, and Food in 2024. – Moscow, 2025.
4. Agroexport (Federal Center for the Development of Exports of Agricultural Products, Ministry of Agriculture of the Russian Federation). Overview of Russia's Foreign Trade in Agricultural Products in 2024. – Moscow, 2025.
5. Decree of the President of the Russian Federation No. 20 dated January 21, 2020 (as amended on March 10, 2025) "On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation" // "ConsultantPlus" Legal Reference System.
6. Decree of the President of the Russian Federation No. 560 dated August 6, 2014 "On the Application of Certain Special Economic Measures to Ensure the Security of the Russian Federation" // "ConsultantPlus" Legal Reference System.
7. Decree of the Government of the Russian Federation No. 778 dated August 7, 2014 "On Measures to Implement Decrees of the President of the Russian Federation No. 560 of August 6, 2014, et al." // "ConsultantPlus" Legal Reference System. 8. Council Regulation (EU) 2024/1652 of 30 May 2024 amending Annex I to Regulation (EEC) No 2658/87 on the tariff and statistical nomenclature and on the Common Customs Tariff. – URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1652/oj (accessed: 12.09.2026).
9. U.S. Department of the Treasury, Office of Foreign Assets Control. Fact Sheet: Russia Sanctions and Agricultural Trade (July 2022). – URL: https://ofac.treasury.gov/sanctions-programs-and-country-information/ukraine-russia-related-sanctions (accessed: 12.09.2026).
10. Kutlina-Dimitrova Z. The economic impact of the Russian import ban: a CGE analysis // Chief Economist Note, European Commission, DG Trade. – 2017. – No. 3.
11. Bank of Russia. Enterprise Monitoring. – Moscow, 2022. – URL: https://cbr.ru/dkp/mp/ (accessed: 12.09.2026).

Анализ эффективности реализации скорректированного плана развития авиационной промышленности России: риски, проблемы и перспективы

Гребенюк Андрей Артемович
аспирант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, grebenyukandr@inbox.ru

Цель исследования состоит в оценке выполнимости скорректированных ориентиров поставки российских гражданских самолётов согласно прогнозам росавиации до 2035 года в рамках выполнения государственной программы развития авиапромышленности. Ключевая гипотеза состоит в том, что исключительно перенос сроков реализации программы без учёта сертификационных, производственных, кооперационных, кадровых, финансовых и рыночных ограничений не обеспечивает достижение целевого объёма выпуска. Согласно внутреннему прогнозу Росавиации от первой половины 2026 года, производственная программа продлевается до 2035 года, с почти полным сохранением количественных ориентиров по МС-21 и одновременно существенно повышению ориентиров по Ту-214. Для МС-21 сокращение целевого объёма не компенсирует сдвиг серийного производства на 2027-2028 годы, а для Ту-214 серьёзное наращивание объёмов производства с достижением 20 ед. ежегодно теоретически способно обеспечить выпуск 166 единиц лишь при практически безошибочном масштабировании производства.

Ключевые слова: гражданская авиапромышленность, комплексная программа, МС-21, Ту-214, импортозамещение, сертификация, серийное производство, производственные риски, план-факторный анализ, адаптивное управление.

Введение

Российская гражданская авиапромышленность одновременно решает две взаимосвязанные задачи: поддерживание объёма пассажироперевозок на имеющемся парке авиасудов, в основном иностранных, и создание серийной линейки новых отечественных гражданских самолётов в условиях технологических ограничений. После 2022 года планирование и скорейший запуск серийного выпуска новых гражданских самолётов стало одним из ключевых инструментов промышленной политики в сфере авиапромышленности. Первоначальная комплексная программа развития авиационной отрасли предусматривала поставку 1036 гражданских самолётов в 2022–2030 годах, включая 270 МС-21 и 70 Ту-214 [1]. В редакции 2024 года общий объём был сокращён до 990 воздушных судов, при сохранении ориентира 270 МС-21 и увеличении производственного задания по Ту-214 до 113 единиц [2].

В феврале 2026 года Росавиация представила внутренний прогноз поставок до 2035 года который составил около 944 самолётов из них: 264 МС-21 и 166 Ту-214. Несмотря на то, что Росавиация отдельно указала, что данный материал не является утверждённой новой редакцией программы, сам факт появления данного прогноза говорит, что официальное решение по пересмотру плана производства уже находиться в разработке и готовиться к утверждению [3].

Научная проблема данного исследования заключается в том, что последовательные переносы сроков могут создавать иллюзию повышения выполнимости плана, хотя накопленные ограничения сохраняются или усиливаются. Исследования промышленного развития в санкционной среде подчёркивают необходимость учитывать устойчивость кооперации, доступ к технологиям и результативность государственной поддержки [4–7]. Сбой отдельной критической системы способен полностью изменить возможность реализации всего производственного плана.

Цель научной работы - оценить эффективность скорректированного подхода к планированию поставок и определить условия достижения целевых объёмов по МС-21 и Ту-214 как типов, на которые ведомство и государственная программа делает основной упор. Гипотеза исследования состоит в следующем: изменение календарных сроков реализации программы без количественного учёта текущих факторов отрасли не позволит выполнить целевой производственный план. Для проверки гипотезы ставятся задачи: сопоставить версии плана, оценить напряжённость производственной траектории, выявить критические риски; провести стресс-тест сценариев, сформировать предложения по адаптивному управлению программой.

Научная новизна работы состоит в переходе от оценки программы по двум параметрам - сроку и суммарному количеству самолётов, к оценке согласованности пяти контуров готовности: первый контур характеризует техническую зрелость изделия, второй контур - завершённость сертификационных процедур, третий - устойчивость производства и кооперации, четвёртый - наличие твёрдого платёжеспособного заказа и лизингового механизма, пятый - готовность эксплуатации, подготовки персонала и послепродажного обслуживания. План признаётся сбалансированным только тогда, когда календарный профиль выпуска обеспечен ресурсами по каждому контуру.

Материалы и методы исследования

Информационную базу составили распоряжения Правительства Российской Федерации 2022 и 2024 годов [1; 2], материалы Росавиации, ОАК, Ростеха, а также отечественные и зарубежные исследования промышленной устойчивости, импортозамещения и распространения сбоев в цепях поставок [3–26]. В связи с тем, существенная часть отраслевых показателей на сегодняшний день публикуется в форме заявлений и меморандумов, они будут рассматриваются только как индикаторы намерений представителей отрасли, а не как эквивалент твёрдых контрактов или фактических поставок.

Сравнительный анализ выполнен в трёх временных срезах: первоначальный нормативный план 2022 года; действующая редакция 2024 года; внутренний прогноз Росавиации от февраля 2026 года.

Количественная оценка строится на трёх показателях. Коэффициент выполнения цели определяется как отношение сценарного выпуска к целевому объёму:

$$K_i = \frac{Q_{\text{сцен}i}}{Q_{\text{цел}i}} * 100\%$$

где,

$Q_{\text{сцен}i}$ — выпуск самолётов i-го типа по сценарию,

$Q_{\text{цел}i}$ — целевой объём.

Абсолютный дефицит рассчитывается как $D_i = Q_{\text{цел}i} - Q_{\text{сцен}i}$. Напряжённость производственного графика оценивается через отношение требуемого среднегодового выпуска к заявленной устойчивой мощности. Значение выше единицы означает формальную невыполнимость производственного графика, а значение, близкое к единице, указывает на отсутствие резерва для сбоев, доработок и переноса поставок.

Для сценарного стресс-теста применён принцип - воронки ограничений. Серийный выпуск может быть признан поставкой только после технической приёмки, завершения сертификационных процедур, финансирования сделки и готовности авиакомпании принять самолёт в парк. Риск оценивается по произведению вероятности его реализации и силы воздействия: $R_j = P_j \times I_j$. В исследовании предлагается использовать порядковую шкалу 1–3, где 1 соответствует низкому, 2 — среднему, 3 — высокому уровню. Максимальное значение 9 означает критический риск, требующий отдельного контрольного показателя и владельца риска.

Для сценарного анализа применяется авторская модель прогнозирования реального объёма выпуска гражданских самолётов с учётом, имеющихся ограничений.

$$N_{2030} = \sum_{i=1}^{5} \frac{(P_i * К_{мощностей} * К_{цены} * К_{вместимости} * К_{потребность})}{Квыбытия}$$

Где,

P_i – план выпуска самолёта согласно базовому сценарию;

$К_{выбытия}$ – коэффициент выбытия иностранных самолётов;

$К_{мощностей}$ – коэффициент ограничения производственных мощностей;

$К_{цены}$ – ценовой коэффициент;

$К_{вместимости}$ – коэффициент вместимости;

$К_{потребность}$ – коэффициент потребности авиакомпании в модели гражданского самолёта.

Результаты исследования

Таблица 1
Эволюция плановых ориентиров поставки гражданских самолётов

Документ / статус	Горизонт	Всего, ед.	МС-21, ед.	Ту-214, ед.
КПГА 2022 г. [1]	до 2030 г.	1036	270	70
Редакция 2024 г., действующая [2]	до 2030 г.	990	270	113
Внутренний прогноз Росавиации 2026 г. [3]	до 2035 г.	около 944	264	166

Источник: составлено автором по данным [1–3].

Таблица 1 выявляет разнонаправленность корректировки между редакциями производственных программ. По МС-21 количественный ориентир в рамках программ почти не меняется: снижение составляет только 2,2 % в редакции до 2035 года. По Ту-214 задание относительно действующей редакции возрастает на 46,9 %. Одновременно общий объём программы сокращается на 50 самолётов. Это обусловлено тем, что, новая конфигурация не является простым переносом всей производственной кривой. Согласно плану Росавиации внутри портфеля происходит перераспределение в пользу магистральных типов, от которых зависит замещение наиболее массового сегмента иностранных самолётов, в то время как по другим проектам особенно по малой авиации происходит существенное сокращение в пользу более стратегически важных проектов.

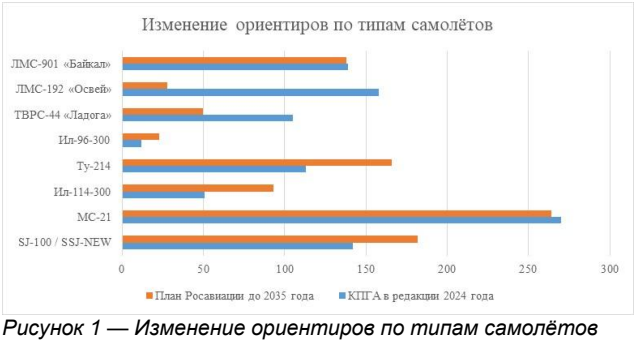


Рисунок 1 — Изменение ориентиров по типам самолётов
Источник: расчёты автора по данным [2; 3].

Продление горизонта действительно уменьшает формальную среднегодовую нагрузку: для МС-21 новый ориентир в 264 самолёта за девять лет соответствует 29,3 самолёта в год, что, учитывая ранее заявленные сообщения о планировании наращивания объёма выпуска до 36 самолётов в год, позволяет сказать, что новый прогноз не является изначально не выполнимым. Однако среднее значение скрывает профиль освоения серии, так как на текущий момент времени не выпущен ни один серийный МС-21, а начало выпуска планируется только во второй половине 2027 – первой половине 2028 года. В первые годы после сертификации выпуск неизбежно будет ниже запланированной мощности, а недопоставка должна компенсироваться повышенной серийностью в последующие годы. Для Ту-214 средний ориентир составит 16,6 самолёта в год на 2026–2035 годы, что делает его близко расположенным к заявленной предельной мощности казанского авиазавода в 20 самолётов в год.

Так как МС-21 является центральным элементом обновления магистрального парка в российской гражданской авиации, и главным флагманов новой гражданской авиации России, в его развитие ставилось во главе всех действующих программ развития отрасли авиастроения России. Однако конкурентный потенциал проекта определяется не только расчётными характеристиками самолёта, но и возможностью обеспечить серийность, надёжность поставок, приемлемую стоимость использования и системного обслуживания. Исследования российского гражданского авиастроения связывают его устойчивость с импортозамещением агрегатов, двигателестроением и качеством управления интегрированной кооперацией [8–10; 23]. В условиях разрыва международных цепочек необходимость импортозамещения иностранных компонентов, изменили изначальный технический облик итогового изделия, по сравнению с его изначальным позиционированием.

По данным «Интерфакса» от 7 мая 2026 года, Ростех ориентировался на завершение сертификационных полётов в I квартале 2027 года и начало серийного производства в 2027 году, на тот момент была выполнена примерно треть программы испытаний [15]. К 3 сентября 2026 года сообщалось о выполнении около половины сертификационных полётов [16]. Таким образом, даже при положительной динамике завершения сертификационных испытаний, серийный выпуск самолёта начнёт осуществляться существенно позже графика утверждённого в редакции 2024 года, в котором поставки должны были быстро нарастать уже в 2025–2026 годах. Новый перенос сроков в очередной раз поставил проект МС-21 в неудобное положение. Готовые производственные заделы, и частично готовые предсерийные самолёты требуют доработок, производители вынуждены продолжать доработку самолёта за счет собственных средств, а итоговые потребители в лице авиакомпаний вынуждены ещё больше эксплуатировать и без того сверхнагруженный флот в ожидании начала долгожданных поставок.

Так аэрофлот имеет твёрдый контракт на 18 МС-21 и планирует заказать ещё 90, тогда как другие авиакомпании, смогут рассчитывать на поставки преимущественно после 2030 года [16]. Намерение якорного снижает риск отсутствия спроса, но концентрация ранних поставок у одного оператора увеличивает требования к сервисным системам авиакомпаний. Переход от 18 твёрдых самолётов к целевым 264 требует своевременного превращения намерений в финансируемые контракты.

Таблица 2
Стресс-тест производственной траектории МС-21 на 2027–2035 годы

Сценарий	2027	2028	2029	2030	2031–2035	Итого
Оптимистический	5	18	30	36	36 ежегодно	269
Базовый	5	12	24	36	36 ежегодно	257
Рисковый	4	8	18	30	36 ежегодно	240

Источник: авторский сценарный расчёт. Устойчивая мощность 36 самолётов в год принята как заявленный отраслевой ориентир;

Стресс-тест показывает, что целевой объём в 264 самолёта достижим лишь при ускоренном освоении серии. В оптимистическом сценарии объём превышает цель на пять единиц, но уже базовый сценарий даёт дефицит семь самолётов. При этом расчёт не включает остановки из-за дефектов новых систем, ограничения поставщиков и изменение требований эксплуатанта. Следовательно, перенос срока до 2035 года улучшает арифметику плана, но не формирует достаточного операционного резерва.

Данный результат согласуется с зарубежными исследованиями авиационных цепей поставок: локальный сбой распространяется по сети и вызывает отложенный эффект сразу у нескольких уровней кооперации [11; 26]. Для МС-21 критической становится не только готовность финальной сборочной линии, но и способность производителей компонентов устойчиво повторять качество и объёмы в серийном цикле. Поэтому контроль количества собранных планеров без контроля комплектности и лётной годности существенно завышает оценку готовности программы.

Ту-214 рассматривается как дополнение к МС-21 в сегменте среднемагистральных перевозок и как инструмент ускоренного замещения импортного парка. Его преимуществом является освоенная конструкция и накопленный опыт эксплуатации. Вместе с тем представление о возможности немедленно вернуться к крупной серии оказалось чрезмерно оптимистичным. В 2024 году сообщалось о необходимости заменить около 45 систем и подсистем. [20].

В сентябре 2025 года отраслевые источники связывали перенос коммерческих поставок с импортозамещением и расширением мощностей Казанского авиационного завода [19]. В июне 2026 года ОАК обозначила траекторию: 4 самолёта в 2026 году, 8 в 2027 году и затем до 20 самолётов ежегодно, при этом самолёты 2026 года предназначены специальным заказчикам, а поставки Red Wings ожидались с 2027 года [17]. Для S7 серийные поставки в согласованном техническом облике заявлены с 2029 года [18].

Таблица 3
Чувствительность достижения ориентира 166 Ту-214 к темпу развёртывания серии

Сценарий	2026	2027	2028	2029	2030–2035	Итого
Заявленная траектория	4	8	20	20	20 ежегодно	172
Сдвиг выхода на мощность	4	8	12	20	20 ежегодно	164
Постепенный разгон	4	8	12	16	20 ежегодно	160
Ограниченная серия	4	8	15	15	15 ежегодно	132

Источник: расчёты автора по данным о заявленной производственной траектории [17].

Даже заявленная траектория создаёт резерв всего шесть самолётов, или 3,6 % от цели. Это означает, что заявленное увеличение ориентира Ту-214 до 166 единиц возможно только при раннем завершении локализации, синхронном вводе нового оборудования, подготовке кадров и отсутствии существенных перебоев у поставщиков. Сама по себе длительность горизонта до 2035 года не компенсирует ограничение ежегодной мощности.

Важным позитивным фактором для данного проекта является появление крупного потенциального заказчика: меморандум S7, ОАК и ГТЛК предусматривает возможность поставки до 100 Ту-214 [18]. Однако меморандум фиксирует намерение и техническую проработку, а не завершённый график финансируемых поставок. Для снижения риска программа должна учитывать долю твёрдых контрактов.

Сопоставление двух программ показывает различную структуру риска. Для МС-21 доминирует риск зрелости нового импортозамещённого изделия и ускоренного разгона сложной кооперации. Для Ту-214 техническая платформа известна, но критичны масштабирование производства и адаптация к массовому коммерческому заказу. Общими остаются кадровый дефицит, цена финансирования, необходимость синхронного выпуска двигателей и компонентов, а также формирование послепродажной сети сервисного обслуживания. В условиях высокой взаимозависимости эти риски не складываются линейно: реализация одного риска повышает вероятность других.

Таблица 4
Матрица ключевых рисков скорректированного плана

Риск	МС-21	Ту-214	Оценка R	Контрольный показатель
Задержка сертификации	высокий	средний	9 / 6	доля завершённых испытаний;
Сбой кооперации	высокий	высокий	9 / 9	комплектность серийного изделия; запас критических комплектующих
Невыполнение темпа	высокий	высокий	9 / 9	поставка годных самолётов
Кадровый дефицит	средний	высокий	6 / 9	укомплектованность ключевых профессий
Финансирование и спрос	средний	высокий	6 / 9	доля твёрдых контрактов; готовность лизинга
Сервисная готовность	средний	средний	6 / 6	запасы, центры ТОиР

Источник: создана автором

Матрица показывает, что сдвиг календарного срока не является самостоятельным ресурсом программы. Если сертификация, кооперация или финансирование не готовы, дополнительный год не превращается автоматически в самолёты. Более того, повторяющиеся переносы увеличивают общие затраты как предприятий, так и авиакомпаний.

Для оценки реального прогнозного выпуска по рассматриваемым проектам, была сформирована консервативная оценка возможного выпуска к 2035 году на основании расчета по сценарной модели. Согласно расчету модели при базовом сценарии коэффициент выполнения составляет 40,9 % для МС-21 и 66,9 % для Ту-214, а дефицит - 156 и 55 самолётов соответственно. Несмотря на то, что результаты сценарного моделирования представлены в рамках базового сценария, однако они показывают, что влияние действующих ограничивающих факторов, способно существенно отклонить реальный объём выпуска от плановых значений.

Разрыв по МС-21 выше, поскольку позднее начало серии сочетается с высокой технологической новизной импортозамещённой конфигурации. По Ту-214 разрыв меньше благодаря освоенной платформе, однако его достижение зависит от многократного увеличения исторического темпа Казанского авиационного завода и от превращения намерений коммерческих операторов в заказы. В обоих случаях гипотеза подтверждается: календарная корректировка без изменения факторов выпуска не гарантирует целевой результат.

Заключение

Подводя итог исследования, итоговая гипотеза исследования подтверждена - изменение конечного срока без учёта ограничивающих факторов не гарантирует выполнение производственного плана. Традиционный подход сопоставляет объём государственного финансирования, количество мероприятий и плановое число самолётов. Однако в высокотехнологичной отрасли промежуточные результаты неоднородны и если эти уровни объединяются одним показателем, программа может формально демонстрировать прогресс при сохранении дефицита мощностей.

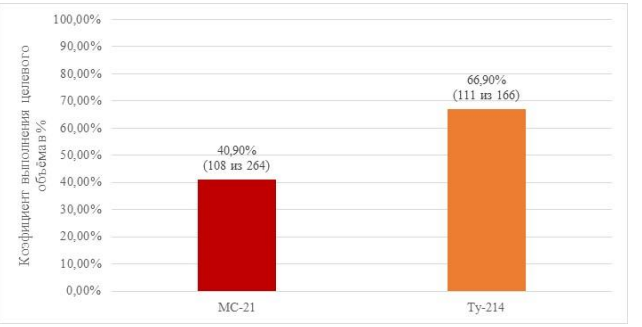


Рисунок 2 — Выполнение целевых объёмов в консервативном сценарии
Источник: расчёты автора

Скорректированный подход частично повышает реалистичность программы за счёт продления горизонта до 2035 года, однако не устраняет производственные ограничения. Однако ключевой риск состоит в том, что почти неизменный количественный ориентир переносится на более короткий фактический производственный период. Выход на целевые производственные мощности должен рассматриваться не как декларативная конечная мощность, а как система подтверждённых стадий. Каждая стадия должна иметь независимый запас времени.

По МС-21 сокращение цели с 270 до 264 самолётов является незначительным по сравнению со сдвигом серийного выпуска на 2027 год. Для выполнения цели требуется ранний и устойчивый разгон серии при отсутствии длительных сбоев. По Ту-214 повышение ориентира возможно только при практически полном использовании заявленной мощности производства, заявленная траектория формирует резерв шесть единиц, который исчезает при неполном выходе на мощность. Дополнительно следует учитывать, что коммерческие поставки S7 ожидаются не раньше 2029 года. Следовательно, необходим отдельный график коммерчески пригодных поставок и учитывающий дату готовности согласованной модификации.

В качестве повышения эффективности реализации производственного плана предложена модель пяти контуров готовности и ежегодная адаптивная корректировка программы. Основным результативным показателем должно стать количество сертифицированных и введённых в коммерческую эксплуатацию самолётов, а не объём производственного задела. Предлагается внедрить ежегодную адаптивную корректировку на основе скользящего трёхлетнего производственного окна. Первый год должен включать только самолёты с подтверждённой комплектностью, сертификационной готовностью и источником финансирования; второй - самолёты с закрытыми контрактами на критические комплектующие; третий - резервный портфель. Долгосрочный ориентир до 2035 года сохраняет стратегическую функцию, но не подменяет детальный краткосрочный график.

Для каждого типа целесообразно публиковать паспорт выполнимости: целевой выпуск, фактические поставки, производственный задел по степеням готовности, долю завершённых испытаний, мощность критических поставщиков, количество твёрдых заказов, готовность лизинга, подготовку экипажей и центров ТОиР. Государственная поддержка должна быть привязана к достижению измеримых этапов, а переносы - сопровождаться оценкой стоимости задержки и влияния на парк авиакомпаний.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.06.2022 № 1693-р «Об утверждении комплексной программы развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/docs/all/141753/ (дата обращения: 05.09.2026).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 04.05.2024 № 1102-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 25.06.2022 № 1693-р» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_476604/ (дата обращения: 05.09.2026).
3. Лозгачева С. Росавиация представила новый план поставок самолётов // Эксперт. 09.02.2026 [Электронный ресурс]. URL: https://expert.ru/promishlennost/rosaviatsiya-predstavila-novyy-plan-postavok-samoletov (дата обращения: 06.09.2026).
4. Акуленко Н. Б. Проблемы и перспективы развития промышленного сектора России в условиях экономических санкций // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2023. № 3. С. 155–169. DOI: 10.21686/2413-2829-2023-3-155-169 (дата обращения: 05.09.2026).
5. Субботина Т. Н., Абубакаров М. У. Российская промышленность в условиях санкционных ограничений: проблемы и новые возможности // Вестник

Дагестанского государственного университета. 2024. Т. 39, № 2. С. 143–146. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-2-1-143-146 (дата обращения: 06.09.2026).
6. Абдикеев Н. М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций // Управленческие науки. 2022. Т. 12, № 3. С. 53–69. DOI: 10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69 (дата обращения: 07.09.2026).
7. Тюкавкин Н. М., Анисимова В. Ю. Процессы импортозамещения в промышленности России: теоретические и практические аспекты // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2023. Т. 14, № 1. С. 43–57. DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.1.43-57 (дата обращения: 06.09.2026)..
8. Капогузов Е. А. Импортозависимость российской гражданской авиационной промышленности // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2022. № 58. С. 58–76. DOI: 10.17223/19988648/58/4 (дата обращения: 07.09.2026)..
9. Лапушкин В. В. Особенности и перспективы развития российского гражданского авиастроения в условиях санкционного давления со стороны стран Запада // Вестник университета. 2024. № 8. С. 69–76. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-8-69-76 (дата обращения: 04.09.2026)..
10. Клочков В. В., Чернер Н. В. Повышение эффективности управления производственным потенциалом предприятий в составе интегрированных структур // Проблемы управления. 2016. № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-upravleniya-proizvodstvennym-potentsialom-predpriyatiy-v-sostave-integrirovannyh-struktur (дата обращения: 05.09.2026).
11. Ратникова Е. А., Сергеева И. А. Анализ экономических рисков, сопутствующих процедурам стандартизации, на высокотехнологичных предприятиях (на примере авиастроения) // Вестник Академии знаний. 2022. № 6(53). С. 233–240. (дата обращения: 06.09.2026).
12. Федеральное агентство воздушного транспорта. Российские авиакомпании перевезли в 2025 году почти 109 млн пассажиров [Электронный ресурс]. URL: https://special.favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=17763 (дата обращения: 08.09.2026).
13. «Ростех» рассчитывает на завершение сертификационных полётов МС-21 в I кв. 2027 г. // Интерфакс. 07.05.2026 [Электронный ресурс]. URL: https://www.interfax.ru/russia/1088235 (дата обращения: 08.09.2026).
14. «Аэрофлот» законтрактовал 18 самолётов МС-21, планирует заказать ещё 90 // Интерфакс. 03.09.2026 [Электронный ресурс]. URL: https://www.interfax.ru/russia/1113046 (дата обращения: 08.09.2026).
15. ОАК рассчитывает увеличить выпуск Ту-214 до 20 самолётов в год // Авиация России. 04.06.2026 [Электронный ресурс]. URL: https://aviation21.ru/oak-rasschityvaet-uvelichit-vypusk-tu-214-do-20-samolyotov-v-god/ (дата обращения: 09.09.2026).
16. Поставки серийных самолётов Ту-214 для S7 анонсировали на 2029 год // РБК Татарстан. 04.02.2026 [Электронный ресурс]. URL: https://rt.rbc.ru/tatarstan/freenews/6982fb619a79474001c0538c (дата обращения: 09.09.2026).
17. Пядушкин М. Коммерческие поставки самолётов Ту-214 сдвинулись на год // Авиатранспортное обозрение. 09.09.2025 [Электронный ресурс]. URL: https://www.ato.ru/content/kommercheskie-postavki-samoletov-tu-214-sdvinulis-na-god (дата обращения: 05.09.2026).
18. Пядушкин М. Для возобновления выпуска самолёта Ту-214 необходимо заменить 45 подсистем // Авиатранспортное обозрение. 26.06.2024 [Электронный ресурс]. URL: https://www.ato.ru/content/dlya-vozobnovleniya-vypuska-samoleta-tu-214-neobhodimo-zamenit-45-podsistem (дата обращения: 05.09.2026).
19. ГТЛК и ОАК подписали соглашение о намерениях на поставку 238 самолётов // Объединённая авиастроительная корпорация. 04.09.2024 [Электронный ресурс]. URL: https://uacrussia.ru/ru/DDoS01/457fc562/press-center/news/gtlk-i-oak-podpisali-soglashenie-o-namereniyakh-na-postavku-238-samoletov (дата обращения: 06.09.2026).
20. Федеральное агентство воздушного транспорта. Росавиация выдала одобрение на полностью отечественный самолёт Ту-214 [Электронный ресурс]. URL: https://special.favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=17606 (дата обращения: 06.09.2026).
21. Сорокин Д. Д. Методические особенности исследования процесса локализации производства в высокотехнологичных отраслях российской промышленности (на примере авиационной отрасли) // Экономические системы. 2025. Т. 18, № 1. С. 145–160 [Электронный ресурс]. URL: https://www.njes.ru/jour/article/view/96 (дата обращения: 06.09.2026).
22. Базикова И. В. Основные проблемы конкурентоспособности авиационной промышленности России // Вестник университета. 2018. № 7. С. 49–55. DOI: 10.26425/1816-4277-2018-7-49-55 (дата обращения: 05.09.2026)..

Assessing the effectiveness of the revised russian aviation industry development plan: risks, constraints and prospects

Grebeniuk A.A.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The aim of the study is to assess the feasibility of the adjusted targets for the supply of Russian civil aircraft, in accordance with Rosaviatsia's forecasts until 2035, within the framework of implementing the state programme for the development of the aviation industry. The key hypothesis is that simply postponing the programme implementation without taking into account certification, production, cooperation, personnel, financial, and market constraints does not ensure achieving the target output volume. According to Rosaviatsia's internal forecast for the first half of 2026, the production program is extended until 2035, with almost complete preservation of the quantitative targets for the MC-21 and a significant increase in the targets for the Tu-214. For the MC-21, the reduction in the target volume does not compensate for the shift of serial production to 2027–2028, while for the Tu-214 there will be a substantial increase in production volumes, reaching 20 units. Theoretically, it can produce 166 units annually only if production scaling is almost error-free.

Keywords: civil aviation industry, comprehensive program, MC-21, Tu-214, import substitution, certification, serial production, production risks, factor analysis, adaptive management.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation dated June 25, 2022, No. 1693-r "On Approval of the Comprehensive Program for the Development of the Aviation Industry of the Russian Federation until 2030" [Electronic resource]. URL: http://government.ru/docs/all/141753/ (accessed: 05.09.2026).
2. Order of the Government of the Russian Federation dated 04.05.2024 No. 1102-r "On Amendments to Order No. 1693-r of the Government of the Russian Federation dated 25.06.2022" [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_476604/ (accessed: 05.09.2026).
3. Lozgacheva S. Rosaviatsiya presented a new aircraft supply plan // Expert. 09.02.2026 [Electronic resource]. URL: https://expert.ru/promishlennost/rosaviatsiya-predstavila-novyy-plan-postavok-samoletov (accessed: 06.09.2026).
4. Akulenko N. B. Problems and prospects for the development of Russia's industrial sector under economic sanctions // Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics. 2023. No. 3. Pp. 155–169. DOI: 10.21686/2413-2829-2023-3-155-169 (accessed: 05.09.2026).
5. Subbotina T. N., Abubakarov M. U. Russian industry under sanctions restrictions: problems and new opportunities // Bulletin of the Dagestan State University. 2024. Vol. 39, No. 2. Pp. 143–146. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-2-1-143-146 (accessed: 06.09.2026).
6. Abdikeev N. M. Import substitution in high-tech industries under external sanctions // Management Sciences. 2022. Vol. 12, No. 3. Pp. 53–69. DOI: 10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69 (accessed: 07.09.2026).
7. Tyukavkin N. M., Anisimova V. Yu. Import substitution processes in Russian industry: theoretical and practical aspects // MIR (Modernization. Innovation. Development). 2023. Vol. 14, No. 1. Pp. 43–57. DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.1.43-57 (accessed: 06.09.2026).
8. Kapoguzov E. A. Import Dependence of the Russian Civil Aviation Industry // Bulletin of Tomsk State University. Economy. 2022. No. 58. Pp. 58–76. DOI: 10.17223/19988648/58/4 (accessed: 07.09.2026).
9. Lapushkin V. V. Features and prospects for the development of the Russian civil aircraft industry under sanctions pressure from Western countries // Vestnik universiteta. 2024. No. 8. Pp. 69–76. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-8-69-76 (accessed: 04.09.2026).
10. Klochkov V. V., Cherner N. V. Improving the efficiency of managing the production potential of enterprises within integrated structures // Problemy Upravleniya. 2016. No. 1 [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-upravleniya-proizvodstvennym-potentsialom-predpriyatiy-v-sostave-integrirovannyh-struktur (accessed: 05.09.2026).
11. Ratnikova E. A., Sergeeva I. A. Analysis of economic risks associated with standardization procedures at high-tech enterprises (using the example of the aircraft industry) // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2022. No. 6(53). Pp. 233–240. (accessed: 06.09.2026).
12. Federal Air Transport Agency. Russian airlines transported nearly 109 million passengers in 2025 [Electronic resource]. URL: https://special.favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=17763 (accessed: 08.09.2026).
13. Rostec expects the MS-21 certification flights to be completed in Q1 2027 // Interfax. 07.05.2026 [Electronic resource]. URL: https://www.interfax.ru/russia/1088235 (accessed: 08.09.2026).
14. "Aeroflot" has contracted 18 MC-21 aircraft and plans to order another 90 // Interfax. 03.09.2026 [Electronic resource]. URL: https://www.interfax.ru/russia/1113046 (accessed: 08.09.2026)
15. UAC expects to increase the production of the Tu-214 to 20 aircraft per year // Aviation of Russia. 04.06.2026 [Electronic resource]. URL: https://aviation21.ru/oak-rasschityvaet-uvelichit-vypusk-tu-214-do-20-samoletov-v-god/ (accessed: 09.09.2026).
16. Deliveries of serial Tu-214 aircraft for S7 have been announced for 2029 // RBC Tatarstan. 04.02.2026 [Electronic resource]. URL: https://rt.rbc.ru/tatarstan/freenews/6982fb619a79474001c0538c (accessed: 09.09.2026).
17. Pyadushkin M. Commercial deliveries of Tu-214 aircraft have been delayed by a year // Aviatransport Review. 09.09.2025 [Electronic resource]. URL: https://www.ato.ru/content/kommercheskie-postavki-samoletov-tu-214-sdvinulis-na-god (accessed: 05.09.2026).
18. Pyadushkin M. To resume production of the Tu-214 aircraft, 45 subsystems need to be replaced // Aviatransportnoe Obozrenie. 26.06.2024 [Electronic resource]. URL: https://www.ato.ru/content/dlya-vozobnovleniya-vypuska-samoleta-tu-214-neobhodimo-zamenit-45-podsistem (accessed: 05.09.2026).

Методический подход к оценке технологического позиционирования национальных экономик в сфере искусственного интеллекта

Дарсавелидзе Илларион Владимирович
аспирант, кафедра мировой экономики и международных экономических отношений, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, larionvd@yandex.ru

Развитие искусственного интеллекта сопровождается усилением международной концентрации инвестиционных, инфраструктурных и научно-технологических ресурсов и формированием новых факторов конкурентоспособности национальных экономик. Существующие международные индексы позволяют оценивать отдельные аспекты развития искусственного интеллекта и инновационный потенциал стран, однако использование единого интегрального рейтинга способно скрывать различия в структуре их конкурентных преимуществ. В статье предложен методический подход к оценке технологического позиционирования национальных экономик в сфере искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мировая экономика, национальная экономика, международная конкурентоспособность, технологическое позиционирование, технологическая асимметрия, ИИ-экосистема, технологическая зависимость, цифровая инфраструктура.

Развитие систем искусственного интеллекта становится одним из значимых факторов трансформации современной мировой экономики и во многом меняет условия международной технологической конкуренции. Теоретической основой для анализа подобных процессов выступает концепция технологий общего назначения, в соответствии с которой отдельные технологические инновации способны распространяться между множеством отраслей, непрерывно совершенствоваться и стимулировать формирование взаимодополняющих инноваций [1]. Применительно к искусственному интеллекту данная логика получила дальнейшее развитие в исследованиях его экономических последствий, связывающих распространение технологий ИИ с изменением производительности, организации производства и характера использования человеческого капитала [2].

При этом экономический эффект технологий общего назначения не возникает автоматически вслед за появлением соответствующей технологии. Реализация потенциального эффекта ИИ требует формирования взаимодополняющих инноваций, организационных изменений, возникновения новых компетенций и нематериального капитала [2]. В результате способность национальных экономик создавать, внедрять и масштабировать технологии искусственного интеллекта все в большей степени зависит не только от уровня развития науки и человеческого капитала, но и от доступа к вычислительным мощностям, капиталу, цифровой инфраструктуре и другим критическим ресурсам.

Подобный подход согласуется с концепцией национальных инновационных систем, в рамках которой технологические результаты рассматриваются как следствие взаимодействия исследовательских организаций, бизнеса, государства и других институтов национальной экономики [3]. Следовательно, конкурентоспособность страны в условиях современного технологического развития определяется не только наличием отдельных научных достижений, но и способностью национальной системы обеспечивать условия их создания, распространения, коммерциализации и масштабирования.

Указанные процессы усиливают технологическую неоднородность мировой экономики. Развитие искусственного интеллекта характеризуется высокой концентрацией ресурсов и компетенций в ограниченном числе стран, однако, сами конкурентные преимущества национальных экономик имеют различную природу. Одни государства обладают развитой исследовательской базой и способны генерировать новые знания и технологические решения, другие располагают значительными инфраструктурными и финансовыми ресурсами для их внедрения и масштабирования. Наиболее устойчивые позиции формируются при сочетании данных факторов, тогда как дисбаланс между научно-технологическими возможностями и ресурсно-инфраструктурной обеспеченностью способен ограничивать реализацию имеющегося потенциала.

В международной практике сформировалось несколько подходов к оценке уровня развития искусственного интеллекта в национальных экономиках. Stanford AI Index характеризует динамику исследований, разработок, инвестиций, вычислительной инфраструктуры и распространения технологий искусственного интеллекта [5]. Global Innovation Index Всемирной организации интеллектуальной собственности рассматривает более широкий инновационный потенциал национальных экономик на основе совокупности институциональных, инфраструктурных, научных, кадровых и экономических характеристик [6]. Вместе с тем, использование подобных систем непосредственно для оценки технологического позиционирования имеет ряд ограничений, поскольку их итоговые показатели не позволяют в полной мере определить структуру сформировавшихся конкурентных преимуществ национальных экономик.

Использование интегральных индексов имеет ряд методологических ограничений. Результаты подобной оценки зависят от выбора исходных показателей, способов их нормализации, взвешивания и агрегирования [4]. При этом сведение нескольких характеристик к единому значению упрощает сопоставление стран, но может скрывать существенные различия в структуре их технологического развития. В связи с этим, возникает необходимость разработки подхода, позволяющего рассматривать технологическое позиционирование национальных экономик не как одномерный рейтинг, а как результат сочетания различных составляющих их потенциала. В настоящем исследовании предлагается разграничивать ресурсно-инфраструктурный потенциал, отражающий обеспеченность экономики критическими ресурсами развития и масштабирования ИИ, и научно-технологический потенциал, характеризующий способность национальной экономики генерировать новые знания и трансформировать их в технологические решения. Такое разграничение позволяет выявлять структурные различия между странами, которые могут оставаться скрытыми при использовании единого интегрального показателя. Цель данной статьи заключается в разработке методического подхода к оценке технологического позиционирования национальных экономик в

сфере искусственного интеллекта на основе сопоставления их ресурсно-инфраструктурного и научно-технологического потенциала, а также в иллюстративной проверке отдельных элементов предложенного подхода на доступных международных данных. Гипотеза автора состоит в том, что конкурентные позиции стран в мировой ИИ-экосистеме определяются не только абсолютным объемом располагаемых ресурсов или достигнутых научно-технологических результатов, но и характером их сочетания, при этом несбалансированность двух составляющих способна выступать фактором технологической уязвимости национальной экономики.

Для достижения поставленной цели решаются задачи систематизации существующих подходов к международной оценке развития искусственного интеллекта, обоснования системы показателей ресурсно-инфраструктурного и научно-технологического потенциала, определения порядка их нормализации и агрегирования, а также сопоставления отдельных показателей технологического позиционирования на выборке национальных экономик. Методологическую основу исследования составляют сравнительный и индексный анализ, методы нормализации и агрегирования статистических показателей. Информационную базу формируют данные Stanford AI Index, Международного союза электросвязи и Всемирной организации интеллектуальной собственности [5-7].

В рамках данной статьи под технологическим позиционированием национальной экономики в сфере искусственного интеллекта предлагается понимать ее положение относительно других стран, определяемое сочетанием располагаемых критических ресурсов и способности создавать и доводить до практического применения собственные знания и технологические решения в области ИИ. Подобное определение предполагает разграничение двух взаимосвязанных составляющих. Первая характеризует ресурсно-инфраструктурный потенциал национальной экономики и отражает наличие условий, необходимых для разработки, внедрения и масштабирования технологий искусственного интеллекта. К ним относятся доступ к вычислительным и цифровым инфраструктурным ресурсам, а также финансовые возможности национальной ИИ-экосистемы. Вторая составляющая – научно-технологический потенциал – отражает способность экономики генерировать новые знания, преобразовывать результаты исследований в технологические разработки и создавать конкурентоспособные решения в сфере ИИ.

В связи с этим, ресурсно-инфраструктурный и научно-технологический потенциал целесообразно оценивать раздельно. Использование единого интегрального показателя способно скрывать структурные различия между национальными экономиками. Сопоставимый итоговый результат может быть достигнут как за счет развитой инфраструктуры и значительных финансовых ресурсов, так и вследствие высокой научной и технологической активности. Однако, с точки зрения международной конкурентоспособности данные сочетания характеризуют различные модели развития и предполагают неодинаковую устойчивость национальных ИИ-экосистем.

В соответствии с предложенным подходом технологическая позиция страны может быть представлена в виде двухмерной характеристики:

$$P_i=(R_i;T_i)$$

где P_i – технологическая позиция i-й национальной экономики; R_i – субиндекс ресурсно-инфраструктурного потенциала; T_i – субиндекс научно-технологического потенциала.

Предложенный подход позволяет учитывать не только уровень развития искусственного интеллекта в стране, но и соотношение его ресурсной и научно-технологической составляющих. Высокие значения обоих показателей свидетельствуют о сочетании развитой инфраструктуры и собственных возможностей для создания ИИ-технологий. При преобладании научно-технологического потенциала дальнейшее развитие может ограничиваться недостатком необходимых ресурсов, тогда как обратное соотношение свидетельствует о наличии возможностей для масштабирования ИИ при менее развитой собственной технологической базе. Низкие значения обоих показателей указывают на отставание от других стран исследуемой выборки.

Для количественной оценки технологического позиционирования предлагается использовать систему показателей, объединенных в два субиндекса. Формирование системы осуществлялось исходя из трех основных требований: экономической обоснованности включения соответствующего параметра, наличия международно сопоставимых данных и возможности воспроизведения расчетов на основе открытых источников.

Таблица 1
Система показателей оценки технологического позиционирования национальных экономик в сфере искусственного интеллекта.

Субиндекс	Показатель	Экономическое содержание	Основной источник
Ресурсно-инфраструктурный	Частные инвестиции в ИИ	Возможность финансирования разработки и масштабирования технологий	Stanford AI Index
Ресурсно-инфраструктурный	Количество центров обработки данных	Масштаб вычислительной инфраструктурной базы	Stanford AI Index
Ресурсно-инфраструктурный	ICT Development Index	Общий уровень развития цифровой инфраструктуры	ITU
Научно-технологический	Публикационная активность в сфере ИИ	Способность генерировать новые знания	Stanford AI Index
Научно-технологический	Патентная активность в сфере ИИ	Трансформация знаний в технологические решения	Stanford AI Index
Научно-технологический	Значимые ИИ-модели	Способность создавать передовые технологические решения	Stanford AI Index

Объем частных инвестиций характеризует способность национальной ИИ-экосистемы аккумулировать капитал для финансирования исследований, технологических компаний, вычислительных ресурсов и масштабирования разработок. Значение данного фактора возрастает вследствие высокой капиталоемкости современного этапа развития искусственного интеллекта. При этом показатель характеризует именно частное финансирование и не охватывает в полной мере государственные инвестиции, что необходимо учитывать при межстрановых сопоставлениях. Вычислительная инфраструктура представляет материальную основу функционирования современных систем искусственного интеллекта. В качестве приближенного показателя вычислительной инфраструктуры используется количество центров обработки данных (ЦОД). Данный показатель не отражает установленную мощность, состав оборудования и доступность специализированных ускорителей, однако позволяет характеризовать масштаб территориально размещенной инфраструктурной базы. ICT Development Index дополняет его характеристикой общего состояния информационно-коммуникационной инфраструктуры национальной экономики [7]. Научно-технологический потенциал оценивается посредством трех показателей, отражающих различные стадии формирования технологического результата. Публикационная активность характеризует производство нового знания; патентная – его преобразование в охраняемые технологические решения; создание значимых ИИ-моделей – способность национальной экосистемы соединять научные компетенции, человеческий капитал, инвестиции и вычислительные ресурсы для разработки передовых систем [5].

Для обеспечения сопоставимости исходные показатели приводятся к шкале от 0 до 1 методом min-max нормализации:

$$x_ij^* = (x_ij - x_j^{min})/(x_j^{max} - x_j^{min})$$

,где x_ij – исходное значение j-го показателя для i-й страны; x_j^{min} и x_j^{max} – минимальное и максимальное значения соответствующего показателя в исследуемой совокупности. Использование процедуры нормализации обусловлено различной размерностью исходных показателей и соответствует общим принципам построения композитных индикаторов [4].

В рамках базовой модели используется равное взвешивание показателей. Выбор равных весов обусловлен отсутствием достаточных теоретических оснований для определения универсального превосходства одного из компонентов над другими и позволяет минимизировать влияние субъективных экспертных оценок. Соответственно, ресурсно-инфраструктурный субиндекс определяется следующим образом:

$$R_i=(I_i+C_i+D_i)/3$$

где I_i – нормализованное значение частных инвестиций в ИИ; C_i – вычислительной инфраструктуры; D_i – уровня развития информационно-коммуникационной инфраструктуры.

Научно-технологический субиндекс определяется как:

$$T_i=(S_i+A_i+M_i)/3$$

где S_i – нормализованное значение публикационной активности; A_i – патентной активности; M_i – количества значимых ИИ-моделей.

Принципиальной особенностью предлагаемого подхода является отказ от последующего объединения двух субиндексов в единый интегральный показатель. Одинаковое итоговое значение композитного индекса могло бы соответствовать принципиально различным моделям технологического развития. Например, относительно высокий уровень научно-технологического потенциала может сочетаться с ограниченной ресурсно-инфраструктурной базой, тогда как развитая инфраструктура и доступ к капиталу не обязательно сопровождаются сопоставимой способностью национальной экономики самостоятельно генерировать передовые технологии. Для типологизации национальных экономик границы между относительно высокими и низкими значениями субиндексов предлагается определять на основе медианных значений исследуемой выборки:

$$R^{med}=Median(R_i), \qquad T^{med}=Median(T_i)$$

Сопоставление индивидуальных значений R_i и T_i с соответствующими медианами позволяет выделить четыре типа технологического позиционирования: системно развитую позицию; научно-технологически сильную при относительно ограниченной ресурсной базе; ресурсно- обеспеченную при относительно меньшем научно-технологическом потенциале; позицию с относительно низкими значениями обеих составляющих. Подобная типология носит относительный характер и предназначена не для разделения национальных экономик на технологически развитые и неразвитые, а для выявления различий в структуре их конкурентных позиций.

Для иллюстративного сопоставления отдельных показателей сформирована выборка из восьми национальных экономик: США, Китая, России, Великобритании, Германии, Южной Кореи, Японии и Индии. Формирование

выборки осуществлялось таким образом, чтобы представить различные модели участия стран в развитии мировой ИИ-экосистемы. США и Китай являются крупнейшими центрами концентрации инвестиционных ресурсов, научных исследований и разработки передовых моделей искусственного интеллекта. Великобритания характеризуется развитой исследовательской и инвестиционной средой; Германия, Япония и Южная Корея обладают значительным промышленным и технологическим потенциалом; Индия представляет быстро развивающуюся цифровую экономику с масштабной кадровой базой. Включение России обусловлено задачами определения ее конкурентной позиции относительно ведущих центров развития искусственного интеллекта и последующего исследования факторов внешней технологической зависимости. В связи с различной периодичностью обновления международной статистики используется принцип последнего доступного сопоставимого наблюдения. Используемые показатели могут относиться к различным, но максимально близким временным периодам. При этом отсутствие страны в отдельных таблицах лидеров не интерпретируется как нулевое значение соответствующего показателя. Такой подход позволяет избежать искусственного занижения положения отдельных национальных экономик и учитывать ограничения существующей международной статистики.

Таблица 2

Отдельные показатели развития национальных ИИ-экосистем исследуемых стран.

Страна	Частные инвестиции в ИИ, 2025 г., млрд. долл.	Количество ЦОД, 2025 г.	Значимые ИИ-модели, 2025 г.
США	285,88	5 427	59
Китай	12,41	449	35
Великобритания	5,90	523	–
Германия	3,89	529	–
Южная Корея	1,78	–	8
Япония	1,11	222	–
Индия	4,09	153	–
Россия	–	251	–

Примечание: отсутствие значения означает отсутствие сопоставимого показателя в используемом массиве данных и не интерпретируется как нулевое значение.

Источник: составлено автором по данным Stanford AI Index Report 2026 [5].

Представленные данные позволяют провести иллюстративное сопоставление отдельных составляющих технологического позиционирования национальных экономик. Неполнота международной статистики не позволяет на данном этапе выполнить расчет обоих субиндексов для всей исследуемой выборки, поэтому приведенные результаты следует рассматривать как проверку применимости отдельных элементов предложенного подхода, предшествующую его полной количественной апробации.

Наиболее выраженная концентрация наблюдается в сфере инвестиционного капитала. В 2025 г. объем частных инвестиций в ИИ в США составил 285,9 млрд. долл., тогда как в Китае – 12,4 млрд долл. [5]. Таким образом, американская ИИ-экосистема существенно превосходит остальные рассматриваемые страны по способности аккумулировать частный капитал, необходимый для финансирования разработки и масштабирования новых технологий. Вместе с тем, использование исключительно частных инвестиций способно недооценивать совокупный объем ресурсов в экономиках, характеризующихся значительным участием государства в финансировании технологического развития. Сопоставимая концентрация наблюдается в сфере вычислительной инфраструктуры. По данным Stanford AI Index 2026, на территории США расположено 5427 ЦОД, что более чем в десять раз превышает показатель любой другой национальной экономики [5]. Вместе с тем количество ЦОД следует рассматривать в качестве приближенного показателя инфраструктурного потенциала, поскольку центры обработки данных существенно различаются по установленной мощности, используемому оборудованию и возможности выполнения специализированных ИИ-нагрузок. При этом высокий общий уровень цифровизации национальной экономики сам по себе не обеспечивает лидерства в сфере искусственного интеллекта. ICT Development Index Международного союза электросвязи характеризует базовые условия цифровой связанности национальных экономик [7], тогда как создание современных ИИ-систем требует дополнительной концентрации специализированных вычислительных и финансовых ресурсов. Следовательно, по мере развития искусственного интеллекта происходит усложнение структуры цифрового неравенства: наряду с традиционными различиями в доступности информационно-коммуникационных технологий все большее значение приобретают различия в доступе к специализированной вычислительной инфраструктуре и инвестиционному капиталу.

Иная структура международной асимметрии выявляется при рассмотрении научно-технологической составляющей. Китай занимает ведущие позиции по объему публикаций, цитированию и патентной активности в сфере искусственного интеллекта, тогда как США сохраняют преимущество в создании значимых ИИ-моделей. В 2025 г. американскими организациями было создано 59 таких моделей против 35 китайских [5]. Таким образом, даже внутри научно-технологической составляющей лидерство имеет неоднородную структуру: производство научного знания, формирование интеллектуальной собственности и создание передовых моделей не обязательно концентрируются в одних и тех же национальных экономиках.

Особенно показательно сопоставление масштабов ресурсной и технологической асимметрии. Если объем частных инвестиций в искусственный интеллект в США более чем в 23 раза превышает китайский показатель, то количество созданных значимых ИИ-моделей различается менее чем в два раза [5]. Из этого не следует вывод о большей эффективности одной из национальных ИИ-экосистем, поскольку такая оценка потребовала бы отдельной системы показателей. Вместе с тем полученное соотношение свидетельствует о том, что масштаб ресурсного преимущества не предполагает пропорционального превосходства по каждому виду технологического результата. Данное обстоятельство подтверждает исходное предположение исследования о целесообразности раздельной оценки ресурсно-инфраструктурного и научно-технологического потенциала. Международная технологическая асимметрия в сфере искусственного интеллекта проявляется не только в различиях абсолютного объема располагаемых странами ресурсов, но и в неодинаковой структуре их конкурентных преимуществ.

США характеризуются наиболее комплексным сочетанием инвестиционных, инфраструктурных и технологических преимуществ. Китай формирует системно развитую, но структурно отличающуюся позицию: существенно меньший объем частного финансирования сочетается с масштабной научной и патентной активностью и высокой способностью к созданию передовых моделей [5]. Следовательно, даже среди ведущих центров мировой ИИ-экосистемы существуют различные модели формирования конкурентных преимуществ. Позиции Великобритании, Германии, Южной Кореи, Японии и Индии характеризуются более выраженной специализацией отдельных элементов национальных ИИ-экосистем. Вместе с тем ограниченная полнота сопоставимой статистики не позволяет на данном этапе однозначно распределить все рассматриваемые страны между четырьмя типами технологического позиционирования на основании количественных значений двух субиндексов. В связи с этим проведенное сопоставление носит предварительный характер, а получение полной системы координат $P_i=(R_i;T_i)$ требует формирования однородного массива исходных данных и последующей количественной апробации предложенного подхода.

Особого рассмотрения требует устойчивость сформированной технологической позиции. Данный фактор сознательно не включается в расчет двух основных субиндексов вследствие ограниченной доступности однородных международных данных о происхождении используемых вычислительных мощностей, полупроводников, облачных платформ и других критических компонентов. Вместе с тем, внешняя технологическая зависимость способна определять возможность воспроизводства достигнутого потенциала в условиях нарушения международных производственных и технологических связей. Данная постановка согласуется с развивающейся научной дискуссией о технологическом суверенитете. Ф. Креспи, С. Каравелла, М. Менгини и К. Сальваторе связывают технологический суверенитет не с полной технологической автаркией, а со способностью экономики формировать и сохранять критические технологические компетенции [8]. Применительно непосредственно к искусственному интеллекту Д. Мюгге показывает, что формирование политики AI sovereignty связано с вопросами контроля над ключевыми элементами ИИ-экосистем и экономическими интересами субъектов, реализующих соответствующую политику [9].

Внешняя технологическая зависимость позволяет провести различие между технологическим потенциалом страны и устойчивостью ее технологической позиции. Первый характеризуется располагаемыми ресурсами и способностью национальной экономики создавать собственные знания и технологические решения. Вторая отражает способность воспроизводить соответствующий потенциал при изменении условий доступа к внешним критическим ресурсам. В связи с этим технологический суверенитет не следует отождествлять с технологической изоляцией: речь идет прежде всего о степени контроля над критическими элементами технологической системы и способности снижать уязвимость национальной экономики перед нарушением внешних технологических связей [8; 9].

Данная проблема приобретает особое значение при оценке технологической позиции России. Наличие собственной научной школы, цифровой инфраструктуры и компетенций в сфере разработки программных решений само по себе не является достаточным основанием для оценки устойчивости национальной ИИ-экосистемы. Последняя зависит также от характера доступа к специализированным вычислительным ускорителям, современным полупроводниковым технологиям и другим элементам аппаратной инфраструктуры. Поэтому применительно к России исследование внешней технологической зависимости должно выступать самостоятельным последующим этапом анализа, дополняющим оценку ресурсно-инфраструктурного и научно-технологического потенциала.

Таким образом, предлагаемая модель позволяет представить технологическое позиционирование национальной экономики как двухуровневую аналитическую конструкцию. На первом уровне определяется структура технологического потенциала посредством сопоставления ресурсно-инфраструк-

турной и научно-технологической составляющих. На втором уровне оцениваются условия устойчивого воспроизводства данной позиции, включая зависимость от внешних критических ресурсов. В рамках данной статьи второй уровень носит преимущественно качественный характер, однако его последующая количественная операционализация представляет перспективное направление развития предложенной методики.

Технологическое позиционирование национальных экономик в сфере искусственного интеллекта не может быть в полной мере охарактеризовано посредством единого интегрального рейтинга. Развитие современных ИИ-экосистем определяется сочетанием ресурсно-инфраструктурных возможностей, обеспечивающих финансирование, функционирование и масштабирование технологий, и научно-технологического потенциала, определяющего способность национальной экономики генерировать новые знания и создавать собственные технологические решения. В отличие от одномерного ранжирования предложенный подход позволяет выявлять структурные различия между странами с различным соотношением ресурсной обеспеченности и способности генерировать собственные ИИ-технологии. Дополнительным элементом подхода является разграничение уровня технологического потенциала и устойчивости технологической позиции, последняя из которых определяется в том числе характером доступа к критическим технологическим ресурсам.

Проведенное сопоставление выявило значительную концентрацию отдельных ресурсов мировой ИИ-экосистемы. Особенно выраженная асимметрия характерна для частного инвестиционного капитала и вычислительной инфраструктуры. Вместе с тем, различия по научно-технологическим результатам имеют иную структуру: ресурсное лидерство США сочетается с лидерством Китая по отдельным показателям научной и патентной активности, тогда как создание значимых ИИ-моделей в большей степени концентрируется в американской экосистеме. Полученные результаты подтверждают структурный характер международной технологической асимметрии.

Ограничения исследования связаны прежде всего с неполнотой международно сопоставимой статистики по специализированным вычислительным мощностям, происхождению используемого оборудования и внешней технологической зависимости. Кроме того, абсолютные показатели характеризуют масштаб национальных ИИ-экосистем, но не эффективность использования располагаемых ресурсов. Перспективными направлениями дальнейшего исследования являются количественная апробация предложенных субиндексов на расширенном массиве сопоставимых данных, формирование системы показателей внешней технологической зависимости и сопоставление абсолютных характеристик технологического потенциала с относительными показателями интенсивности его формирования.

Литература

1. Bresnahan T. F., Trajtenberg M. General Purpose Technologies "Engines of Growth"? // Journal of Econometrics. – 1995. – Vol. 65, № 1. – P. 83-108. – DOI: 10.1016/0304-4076(94)01598-T.
2. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics // The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda / ed. by A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb. – Chicago : University of Chicago Press, 2019. – P. 23-57.
3. Nelson R. R. (ed.). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. – New York : Oxford University Press, 1993. – 541 p.
4. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide / OECD, European Union, Joint Research Centre. – Paris : OECD Publishing, 2008. – 162 p. – DOI: 10.1787/9789264043466-en.
5. AI Index Report 2026 / Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. – Stanford : Stanford University, 2026. – URL: https://hai.stanford.edu/ai-index/2026-ai-index-report (дата обращения: 01.09.2026).
6. Global Innovation Index 2025: Innovation at a Crossroads / World Intellectual Property Organization. – Geneva : WIPO, 2025. – URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/index.html (дата обращения: 01.09.2026).
7. Measuring Digital Development: The ICT Development Index 2026 / International Telecommunication Union. – Geneva : ITU, 2026. – URL: https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2026/ (дата обращения: 01.09.2026).
8. Crespi F., Caravella S., Menghini M., Salvatori C. European Technological Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy // Intereconomics. – 2021. – Vol. 56. – P. 348-354. – DOI: 10.1007/s10272-021-1013-6.
9. Mügge D. EU AI Sovereignty: For Whom, to What End, and to Whose Benefit? // Journal of European Public Policy. – 2024. – Vol. 31, № 8. – P. 2200-2225. – DOI: 10.1080/13501763.2024.2318475.

A Methodological Approach to Assessing the Technological Positioning of National Economies in the Field of Artificial Intelligence

Darsavelidze I.V.

Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The development of artificial intelligence is accompanied by growing international concentration of investment, infrastructural, and scientific-technological resources, along with the emergence of new factors shaping the competitiveness of national economies. Existing international indices make it possible to assess individual aspects of AI development and countries' innovation potential; however, relying on a single integral rating can obscure differences in the structure of their competitive advantages. This article proposes a methodological approach for assessing the technological positioning of national economies in the field of artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, world economy, national economy, international competitiveness, technological positioning, technological asymmetry, AI ecosystem, technological dependence, digital infrastructure.

References

1. Bresnahan T. F., Trajtenberg M. General Purpose Technologies "Engines of Growth"? // Journal of Econometrics. – 1995. – Vol. 65, No. 1. – P. 83-108. – DOI: 10.1016/0304-4076(94)01598-T.
2. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics // The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda / ed. by A. Agrawal, J. Gans, A. Goldfarb. – Chicago: University of Chicago Press, 2019. – P. 23-57.
3. Nelson R. R. (ed.). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. – New York: Oxford University Press, 1993. – 541 p.
4. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide / OECD, European Union, Joint Research Centre. – Paris: OECD Publishing, 2008. – 162 p. – DOI: 10.1787/9789264043466-en.
5. AI Index Report 2026 / Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. – Stanford: Stanford University, 2026. – URL: https://hai.stanford.edu/ai-index/2026-ai-index-report (access date: 09/01/2026).
6. Global Innovation Index 2025: Innovation at a Crossroads / World Intelligent Property Organization. – Geneva: WIPO, 2025. – URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/index.html (access date: 09/01/2026).
7. Measuring Digital Development: The ICT Development Index 2026 / International Telecommunication Union. – Geneva: ITU, 2026. – URL: https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2026/ (access date: 09/01/2026).
8. Crespi F., Caravella S., Menghini M., Salvatori C. European Technologi-cal Sovereignty: An Emerging Framework for Policy Strategy // Intereconomics. – 2021. – Vol. 56. – P. 348-354. – DOI: 10.1007/s10272-021-1013-6.
9. Mügge D. EU AI Sovereignty: For Whom, to What End, and to Whose Benefit? // Journal of European Public Policy. – 2024. – Vol. 31, No. 8. – P. 2200-2225. – DOI: 10.1080/13501763.2024.2318475.

Значимость экономики инноваций для стратегического развития строительной отрасли

Дубоделов Артем Викторович
аспирант, кафедра "экономическая и финансовая стратегия", Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, a.dubodelov@gmail.com

В статье подчеркивается важность строительной отрасли для развития экономики государства. Наряду с фактическими данными, такими как доля отрасли в ВВП страны, значимая роль отводится строительному комплексу как инфраструктурной основе экономической системы, без развития которой невозможна реализация государственных и бизнес-проектов. Производится вывод об институциональной роли данной отрасли в общем развитии экономики и ее трансформации при смене технологических укладов. В соответствии с этим признается необходимость наличия стратегического подхода (в соответствии со взглядами научной школы проф. В. Л. Квинта) на отраслевом, национальном и иных уровнях.
В исследовании делается вывод о недостаточном сосредоточении усилий государства и бизнеса на развитии строительного комплекса. Рассматриваются некоторые слабые места и угрозы отрасли, для нивелирования которых и создания конкурентных преимуществ требуется применение новых технологий и подходов. В связи с этим делается вывод о необходимости развития строительного комплекса в тесной взаимосвязи с экономикой инноваций. В частности, упоминаются инновационные продукты, основанные на использовании искусственного интеллекта и робототехники, с указанием основных преимуществ и полезных эффектов. При этом в отношении экономики Российской Федерации такие технологии имеют некоторые особенности доступности, распространения и применения. Обосновывается необходимость государственной поддержки и разработки соответствующих направлений государственной политики.
Отдельная роль в статье отводится инжиниринговой сфере как проводнику инноваций в строительной отрасли. Подчеркивается, что именно инжиниринг способен осуществлять оперативное и системное внедрение новых технологий и методик в бизнес-деятельности строительных организаций. Тесная взаимосвязь с применением, разработкой инновационных продуктов и решений позволяет данной сфере в более короткие сроки и более эффективным образом добиваться инновационного развития строительного комплекса, нежели в случае самостоятельного внедрения таких продуктов строительными компаниями.
Ключевые слова: экономика инноваций, инновации, стратегия, стратегирование, строительная отрасль, инжиниринг.

Введение

Строительная отрасль традиционно является одной из важнейших в экономике каждого государства. Вне зависимости от степени ее развитости и влияния на национальную экономическую систему данная отрасль всегда предстает и одной из приоритетных при составлении различного рода планов, политик и стратегий. Это связано с важной ролью строительных проектов в удовлетворении потребностей граждан, бизнеса и государственных институтов.

В случае отсутствия достаточно развитой (по крайней мере в отношении внутреннего рынка) строительной отрасли государство вынуждено привлекать строительные компании из-за рубежа, активно закупать технологии и решения у иностранных игроков. Это зачастую приводит к удорожанию проектов и удлинению сроков строительства с учетом временных ресурсов, которые затрачиваются на поиск подрядчиков, согласование и подготовку проектов, а также логистических издержек.

Еще более серьезными в такой ситуации являются угрозы, связанные с отсутствием возможностей и стимулов к развитию отрасли, а также с уязвимостями, вызываемыми невозможностью достижения технологического суверенитета страны в рассматриваемом аспекте.

Строительная отрасль Российской Федерации, несмотря на высокую долю в ВВП страны и наличие определенных успехов, находится в чрезвычайном периоде. Чрезвычайный период при этом вызван и внешними (в первую очередь геополитическим противостоянием), и внутренними факторами. Это диктует необходимость как строительному бизнесу, так и государственным структурам выстраивать эффективный стратегический подход к дальнейшему развитию отрасли.

Материалы и методология данного исследования

При проведении исследования использовалась научная и специализированная литература под авторством отечественных и зарубежных ученых. В первую очередь среди таких материалов необходимо выделить публикации, посвященные теории стратегирования, экономике инноваций и инновационному развитию, строительной отрасли и сфере инжиниринга. Кроме этого, в процессе подготовки статьи использовались статистические данные и исследовательские отчеты, собранные и подготовленные официальными органами статистики, исследовательскими институтами, консалтинговыми и иными компаниями и т. д.

Методологически и теоретически исследование опирается на работы Иностранного члена РАН В. Л. Квинта и его последователей.

Проведение исследования сопровождалось применением стандартных научных методов: индукция и дедукция, сравнительный анализ, метод синтеза и т. д.

В основу исследования легли предыдущие работы автора, посвященные экономике инноваций, строительной отрасли и сфере инжиниринга. Часть выводов и положений исследования напрямую базируется на сделанных в этих работах выводах.

В качестве предмета исследования была выбрана строительная отрасль Российской Федерации.

В качестве объекта исследования было выбрано инновационное развитие строительной отрасли Российской Федерации.

Результаты исследования

Особое значение строительной отрасли в экономике

Строительная отрасль играет важную роль сразу в нескольких аспектах, таких как строительство жилья для граждан, возведение промышленных и иных объектов, строительство инфраструктуры различного рода и др. По некоторым оценкам, к концу 2010-х гг. отрасль уже обеспечивала от 11 до 13 % мирового ВВП [5]. Несмотря на то, что данная отрасль может занимать разную долю в национальной экономике, ей практически всегда уделяется повышенное внимание со стороны руководства государства.

Рисунок 1 демонстрирует вклад строительной отрасли разных стран в их ВВП в соответствии с данными Европейской экономической комиссии ООН (UNECE).

Строительная отрасль обеспечивает значительный вклад в ВВП России — по различным оценкам, от 5 до 13 %. Ее значение определяется не только собственным объемом производства, но и тесными межотраслевыми связями: строительство стимулирует развитие промышленности, топливно-энергетического комплекса, производителей строительных материалов, оборудования и программного обеспечения.

В современных условиях особое значение приобретает технологический суверенитет. Исследователи отмечают, что в период геополитических и экономических трансформаций отраслевое стратегирование требует корректировки существующих подходов и поиска новых путей развития [4]. Реализуя инфраструктурные и промышленные проекты, строительная отрасль вносит существенный вклад в укрепление национального технологического суверенитета.

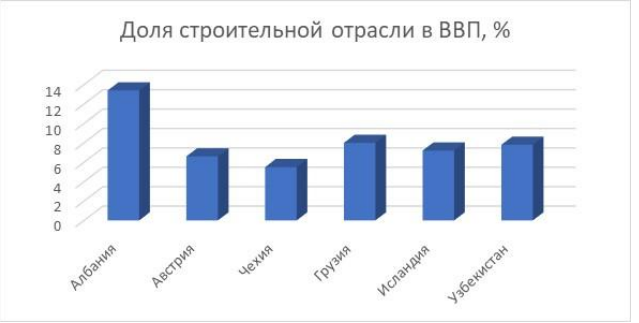


Рис. 1. Доля строительной отрасли в ВВП разных стран (2022 г.)
Источник: составлено автором по данным UNECE

Отрасль также оказывает заметное влияние на рынок труда, обеспечивая занятость почти 7 млн человек, и на жилищную сферу, которая напрямую связана с качеством жизни населения. Кроме того, строительство играет важную роль в переходе к новым технологическим укладам, создавая инфраструктуру для научных центров, университетов и высокотехнологичных производств. Международные исследования рассматривают строительный комплекс как одного из ключевых участников трансформации в рамках Индустрии 4.0 [8].

Строительство не только обеспечивает развитие инновационной экономики, но и само выступает крупным потребителем инновационных технологий, стимулируя создание новых решений и знаний [6]. Поэтому его развитие должно рассматриваться как важный элемент общей стратегии социально-экономического развития страны и консолидации усилий всех субъектов национальной экономики.

Необходимость стратегического подхода к развитию строительной отрасли

В ряде статей автора рассматривались различного рода слабые места и уязвимости строительной отрасли Российской Федерации и государственной политики в области стратегирования ее развития [9, 10 и др.]. В частности, одним из наиболее существенных слабых мест следует признать ситуацию с производительностью труда в отрасли, причём данный аспект не является присущим только отечественному строительному комплексу: в странах с абсолютно разным уровнем экономического развития в течение длительного периода времени наблюдается снижение, стагнация или чрезмерно медленный рост производительности труда. Так, недостаточно эффективная производительность труда отмечается на протяжении многих лет в США и Китае, в Индонезии на рубеже второго и третьего десятилетий XXI в. также наблюдалось стабильное снижение [2], в Индии существует аналогичная хроническая проблема [14] и т. д. Отметим, что сопоставление динамики в разных странах затруднено по причине того, что при оценке применяются разные показатели. Королевский институт дипломированных оценщиков (RICS) исследовал подходы к определению производительности труда в разных регионах (рисунок 2), чтобы помочь избежать расхождений в процессе сопоставления различных исследований в данной области.

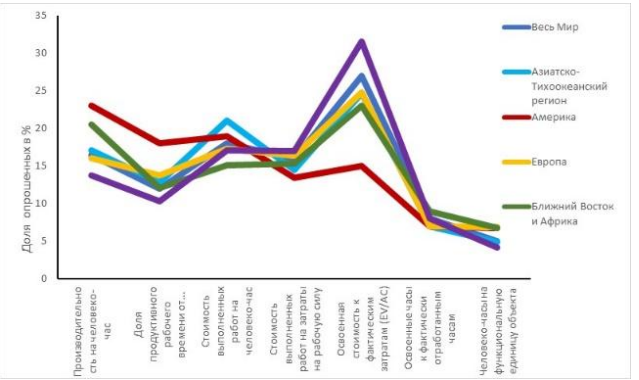


Рис. 2. Показатели, применяемые в разных регионах мира для определения производительности труда в строительной отрасли
Источник: RICS

Низкая, стагнирующая или чрезмерно медленно растущая производительность труда не является единственным слабым местом или угрозой в строительной отрасли разных стран. Не является исключением и строительная отрасль Российской Федерации. Отечественные ученые рассматривают в своих трудах различные аспекты таких слабых мест и уязвимостей отрасли. Так, отмечается отсутствие комплексного подхода и необходимой поддержки со стороны государства, неэффективное планирование и большие объемы незавершенного строительства, недостаточный уровень инноваций и др.

Общая геополитическая напряженность, вводимые в отношении Российской Федерации ограничения, а также наличие внутренних проблем обостряет ситуацию с дальнейшим развитием строительной отрасли нашей страны. Можно утверждать, что строительный комплекс находится в чрезвычайном периоде, и от действий как самих строительных компаний, так и государственных структур зависит то, какую динамику далее будет демонстрировать отрасль и каким образом станет изменяться ситуация с ее слабыми местами и уязвимостями. В то же время необходимо сосредоточиться не просто на нивелировании негативного влияния или улучшениях, но в первую очередь на поиске стратегических возможностей и создании, усилении стратегических преимуществ. Это в полной мере соответствует взглядам создателя научной школы стратегирования академика В. Л. Квинта, согласно которым для достижения успеха необходимо совмещение возможностей с конкурентными преимуществами.

Дальнейшее развитие строительной отрасли Российской Федерации, особенно в связи с наличием чрезвычайного периода, вызванного как крайне негативными внешними факторами, так и накопившимися внутренними проблемами, требует наличия стратегического подхода. Несмотря на то, что властные органы нашей страны уделяют все большее внимание строительной отрасли, недостаточно проработанными остаются сами подходы к формированию ее будущего. Важным шагом здесь стал факт разработки и принятия Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. Однако, несмотря на стратегическое назначение документа, его характер и содержание не соответствуют принципам и основам теории стратегирования, в связи с чем даже его успешная реализация не гарантирует наличия действительно значимого результата и коренной трансформации отрасли [10]. В частности, важно упомянуть тот факт, что в отношении строительства в данном документе практически отсутствует разработка мер или направлений инновационного развития, применения новых технологий и решений. Вместе с тем исправление, улучшение ситуации со многими негативными аспектами, присущими строительной отрасли Российской Федерации, например с низкой производительностью труда, требует именно новых решений. Как показывают исследования, в современных условиях для повышения производительности труда в строительной отрасли необходимо внедрение новых, инновационных продуктов и решений, таких, например, как цифровые технологии и робототехника [1].

Соответственно, и на корпоративном уровне уязвимости строительных компаний и хронические слабые места требуют разработки новых подходов и применения наиболее современных технологий.

Новые технологии в строительстве: искусственный интеллект и робототехника

Ускоряющиеся темпы научно-технического прогресса предлагают экономике постоянно возрастающее количество инновационных решений, ноу-хау, технологий. Строительная отрасль не является исключением, и компании, функционирующие в ней, имеют широкий выбор продуктов, которые могут использоваться в различных бизнес-процессах, от самовосстанавливающихся материалов до экзоскелетов для рабочих.

Имеет смысл выделить два направления, применение которых особенно актуально для строительных организаций: искусственный интеллект и робототехнику. Данные направления представляют повышенный интерес для многих сфер бизнеса, поскольку в них заложен широкий ряд преимуществ в сравнении с применяемым ранее подходом, основанным по большей части на использовании только умственных способностей человека и ручного труда или труда с использованием механизмов, которые управляются непосредственно человеком (любого рода строительная техника).

Искусственный интеллект позволяет строительным компаниям расширять возможности поиска данных, обработки информации, решения типовых задач, «клонирования» имевших место ранее решений. Кроме этого, значительно сокращается время на выполнение всех перечисленных и других действий, они становятся стандартизированными и в определенном смысле безошибочными. Например, искусственный интеллект позволяет быстро и с учетом большого количества факторов и условий подбирать участки для строительства, материалы и технологии, а также контрагентов, подрядчиков для строительного процесса. Проектирование объектов становится более оперативным, при этом возрастает количество вариантов и опций проектов. Упрощается процесс оценки рисков строительных проектов, производится их цифровое моделирование, значительно усиливается контроль действий рабочих и т. д. Можно сделать общий вывод о том, что процессы, предваряющие и сопровождающие непосредственно строительную деятельность, становятся более безошибочными и оперативными, а также предоставляют бизнесу более широкий простор для маневра. Большое количество исследований посвящено применению технологий на основе искусственного интеллекта в строительной отрасли. Однозначно можно утверждать наличие выгод в использовании подобных продуктов, однако при этом отрасль отстает в их внедрении по сравнению со многими другими [3].

В то же время использование робототехники в строительстве дает возможность организациям данной отрасли резко повышать производительность труда, делая его к тому же более безопасным и безошибочным. Для

Российской Федерации особенно важен тот факт, что роботы способны заменить линейных рабочих многих профессий (штукатуры, маляры, каменщики и т. д.) при выполнении строительных работ, высвобождая трудовые ресурсы для других отраслей экономики после прохождения ими необходимой подготовки или переподготовки. Уточним: строительные роботы не способны функционировать абсолютно автономно, поскольку им требуется определенное, хотя и ограниченное, управление, поддержка и контроль. Однако подготовка операторов для управления роботами может осуществляться и на мощностях, территории строительных организаций, например силами инжиниринговых компаний, которые наиболее близки к предоставлению подобных услуг и их дальнейшему сопровождению. К тому же данный труд характеризуется большей степенью применения интеллекта человека и потенциально является более высокооплачиваемым и привлекательным для кандидатов по сравнению с позициями линейных рабочих, что гарантирует строительной отрасли стабильный интерес к этим позициям со стороны имеющихся и новых сотрудников. Аналогично промышленности, подготовка и долгосрочное удержание высококвалифицированных кадров в строительной отрасли имеют большое значение. Заметим также, что современная робототехника, применяемая для нужд отрасли, способна выполнять широкий ряд задач, не только производя кладку стен или заливку полов, но и, например, осуществляя мониторинг строительных процессов, контроль качества работ и т. д. Можно сделать общий вывод о том, что применение робототехники позволяет строительным компаниям выполнять многие операции в более короткие сроки, с меньшим количеством ошибок и брака, более высокой точностью и с меньшими рисками для сотрудников.

Изучение более 200 статей, посвященных строительной робототехнике, показывает, что выгоды ее применения в отрасли являются очевидными: снижение затрат, повышение производительности труда, улучшение безопасности на строительных площадках и т. д. Вместе с тем отмечается несовершенство нормативно-правовой базы, сложности в подготовке и переподготовке кадров, в целом неразвитость рынка и т. д.

Доступность новых технологий для строительного сектора Российской Федерации

Внедрение технологий искусственного интеллекта и робототехники в России сопровождается рядом особенностей и ограничений. Несмотря на то что цифровизация является одним из государственных приоритетов, сохраняются сложности с доступом к зарубежным технологиям, а по ряду направлений страна уступает ведущим экономикам в разработке и внедрении цифровых решений.

Особенно заметно это в строительной отрасли: доля цифровых продуктов составляет около 3 %, что существенно ниже показателей Китая (8 %) и США (20 %). Даже применение технологий BIM, активно поддерживаемых на государственном уровне, пока остается недостаточным [15].

Хотя российский рынок цифровых технологий развивается высокими темпами, его относительно низкая исходная база и внешние ограничения делают цифровую трансформацию, в том числе в рамках Индустрии 4.0, долгосрочным процессом. Для ускорения этих изменений необходимы последовательная государственная поддержка и эффективное стратегическое управление [12].

Как показывает анализ рынка, осуществленный ГК Acceleration [11], производство строительной робототехники пока еще является по большому счету прерогативой всего нескольких стран, а сам рынок не насыщен и демонстрирует по сути начальное развитие. В список этих стран Российская Федерация не входит, и на отечественном рынке присутствуют в основном стартапы, не имеющие полноценного производства (идеи, прототипы, опытные образцы). Соответственно, те преимущества, которые дает использование строительной робототехники, российские компании могут получить либо закупая роботов за рубежом вместе с программным обеспечением, необходимым для управления, обслуживания и контроля, либо развивая отечественное производство. Однако ввиду отсутствия активного спроса со стороны строительных компаний и ограниченности капитала и иных ресурсов стартапы в Российской Федерации находятся в неоднозначном положении, особенно если учитывать недостаточную эффективность программ поддержки инновационного малого предпринимательства [7]. Именно адресная, целевая поддержка со стороны государства могла бы в максимально оперативном режиме стимулировать внутреннюю разработку и производство робототехники, применяемой в строительстве, а также соответствующего программного обеспечения.

Относительно развития и доступности полезных для строительной отрасли продуктов, основанных на применении искусственного интеллекта, можно утверждать, что значительная часть технологий создается на внешних рынках, и отечественные компании вынуждены приобретать соответствующее программное обеспечение за рубежом. Это вызывает зависимость строительных организаций от любого рода внешних ограничений и подрывает стабильность их работы. На отраслевом и национальном уровнях это также препятствует достижению технологического суверенитета. Кроме того, сам уровень внедрения таких продуктов очень низок: согласно недавним исследованиям, всего 3% строительных организаций целенаправленно используют продукты на основе искусственного интеллекта [13].

В отношении внедрения и использования как строительной робототехники, так и продуктов на основе искусственного интеллекта могут быть крайне полезны инжиниринговые компании.

Роль инжиниринга во внедрении и использовании инновационных технологий в строительной отрасли

Инжиниринг по своей природе тесным образом связан с созданием, внедрением и использованием инноваций, а также на всем протяжении своей истории «обслуживает» в первую очередь строительную отрасль. Это позволяет сделать общий вывод о том, что инжиниринговая сфера является проводником и генератором инновационных продуктов и решений в строительной отрасли, в более широком понимании – в экономике в целом. Именно инжиниринг способен осуществлять оперативное и системное внедрение новых технологий и методик в бизнес-деятельности строительных организаций. В связи с этим, а также с отсутствием значимого внимания к данной сфере в Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства в соответствии с положениями общей теории стратегирования должны быть приняты меры по включению в нее обязательного раздела, посвященного инжинирингу, либо по созданию отдельной стратегии, посвященной развитию сферы инжиниринга в Российской Федерации. Тесная взаимосвязь с применением, разработкой инновационных продуктов и решений позволяет данной сфере в более короткие сроки и более эффективным образом добиваться инновационного развития строительного комплекса, нежели в случае самостоятельного внедрения таких продуктов строительными компаниями. Тем более, последние не обладают для этого необходимым опытом, кадровым потенциалом и в целом имеют иную специфику деятельности.

Вместе с тем инжиниринговые компании Российской Федерации по многим критериям не являются конкурентоспособными [11]: размер бизнеса, диверсифицированность предлагаемых продуктов и услуг, наличие необходимой экспертизы, кадровые ресурсы и т. д. Отечественная школа в области проектирования и других смежных направлениях накопила обширную базу, однако многие программы не соответствуют реалиям рынка, а количество выпускников, как и в целом по строительной отрасли, не позволяет закрывать потребности данной сферы. Кроме этого, отсутствие значимого объема заказов по рассматриваемой тематике со стороны строительных компаний не стимулирует ни собственные разработки инжиниринговых компаний, ни приобретение ими соответствующих инновационных продуктов. Все это диктует необходимость активного государственного стимулирования инжиниринговой сферы, во многом именно в контексте инновационного развития строительной отрасли.

Предложения по инновационному развитию строительной отрасли

Суммируя произведенные в данном исследовании выводы, можно сделать некоторые обобщения, которые в дальнейшем будут способствовать разработке государственных мер поддержки и стимулирования. Данные меры могут позволить российской строительной отрасли стать более конкурентоспособной в условиях чрезвычайного периода.

В рамках государственной политики в области развития строительной отрасли имеют ключевое значение следующие постулаты:

Для эффективного развития строительной отрасли требуется наличие стратегического подхода на всех уровнях (национальном, региональном, отраслевом, корпоративном).

В связи с тем, что строительная отрасль характеризуется наличием ряда слабых мест и угроз, во многом вызванных внешними факторами, на первый план выходит государственная поддержка строительной отрасли.

Текущая Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства должна быть скорректирована в соответствии с основными положениями и принципами общей теории стратегирования.

Наибольший эффект как для отрасли, так и для экономики в целом вызовет ориентация на инновационное развитие строительной отрасли, с широким внедрением и использованием новых технологий (искусственный интеллект, строительная робототехника и др.).

Сфера инжиниринга способна ускорить и сделать более эффективными данные процессы, однако она также нуждается в поддержке и стимулирующих мерах со стороны государства.

Данные постулаты, сформулированные в общем виде, позволяют в дальнейшем разрабатывать наиболее применимые и действенные меры со стороны государственных структур. Общая схема отражена на рисунке 3.

Заключение

Экономика Российской Федерации испытывает значительное внешнее давление. Ее структура, состав участников и особенности развития подвергаются масштабному «стресс-тесту», итоги которого позволят выявить как угрозы и слабые места, так и сильные стороны и стратегические возможности, текущие и потенциальные. В таких условиях на первый план выходит поиск стратегических конкурентных преимуществ как для отдельных отраслей, так и для национальной экономики в целом. Однако реализация данных конкурентных преимуществ невозможна без привязки к экономике инноваций.



Рис. 3. Общая схема ключевых постулатов для формирования мер государственной политики в области инновационного развития строительной отрасли
Источник: разработано автором

Отечественная строительная отрасль как одна из важнейших для страны способна стать конкурентоспособной даже в условиях наличия чрезвычайного периода и внешних шоков и стимулировать более быстрое развитие всей экономической системы страны. Этому должны способствовать такие инновационные технологии, как строительная робототехника и продукты на основе искусственного интеллекта. Данные продукты, внедрение которых в отрасль могут осуществлять в первую очередь инжиниринговые компании, доказали свою эффективность на практике.

Вместе с тем задача обеспечения инновационного развития строительной отрасли может быть выполнена только в условиях активной государственной политики в данной области. Обязательно наличие эффективного стратегического подхода, при котором через меры государственной поддержки и коррекцию текущей стратегии будут запущены механизмы инновационного развития отрасли. Сфера инжиниринга при этом способна выступать в роли проводника инноваций.

Литература

1. Адебовале О., Агумба Дж. Наукометрический анализ и обзор исследований производительности труда в строительстве // Международный журнал управления производительностью и эффективностью. 2023. Том 72. № 7. С. 1903-1923.
2. Андитиаман Н., Латиф Р., Рахим И., Арифуддин Р. Модель производительности труда на строительных проектах в Индонезии // Международный журнал инженерных тенденций и технологий. 2022. Том 70. № 11. С. 211-218.
3. Банг С., Олссон Н. Искусственный интеллект в строительных проектах: систематический обзор // Журнал инженерного, проектного и производственного менеджмента. 2022. Том 12. № 3. С. 224-238.
4. Бодрунов С. Д. Ноономика как парадигма глобального развития // Ноономика и нообщество. Альманах трудов ИНИР им. С. Ю. Витте. 2025. Т. 4. № 2. С. 13–3.
5. Бхатти И. и др. Производительность труда в строительстве в условиях засушливого климата // Журнал прикладных инженерных наук. 2019. Том 9. № 2. С. 125-130.
6. Ванг Н., Сюй Ч., Лю Ч. Инновации в строительном секторе: библиометрический анализ и программа исследований // Журнал инженерно-технического менеджмента.
7. Власюк Л. И., Гаврилина Д. Н., Абакумова И. С. Стратегические приоритеты развития малого инновационного предпринимательства в России // Экономическое возрождение России. 2024. Т. 81. № 3. С. 118-131.
8. Гинзбург А. В., Адамцевич Л. А., Адамцевич А.О . Строительная отрасль и концепция «Индустрия 4.0»: обзор // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 7. С. 885-911.
9. Дубоделов А. В. Стратегические угрозы низкой производительности труда в строительной отрасли // Стратегирование: теория и практика. 2024. Т. 4. № 2. С. 261–273.
10. Дубоделов А. В. Стратегический анализ развития строительной отрасли России: методологический аспект // Стратегирование: теория и практика. 2025. Т. 5. № 4. С. 560-576.
11. Дубоделов А. В. Развитие конкурентоспособности российских инжиниринговых компаний // Региональная экономика: теория и практика. 2025. № 12. С. 128-146.
12. Журавлев Д. М., Чаадаев В. К. Стратегирование цифровой трансформации глобальных социально-экономических систем // Фундаментальные исследования. 2025. № 4. С. 25-33.
13. Игнатьев И. В., Шаранин В. Ю. Современные вызовы цифровой трансформации Строительной сферы // Московский экономический журнал. 2024. № 4. С. 721-733.
14. Каду Н., Ганига С., Мистри Дж., Чаурасия Г., Ядав П. Производительность труда в строительстве – обзор // Международный журнал инженерных исследований и технологий (ijert) НТАСУ. 2020. Том 09. № 3. С. 129-133.
15. Кисель Т., Мишланова М. Исследование проблем внедрения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний // E3S Web Conf. 2022. Том 363. С. 1-18.

The importance of innovation economy for the strategic development of the construction industry

Dubodelov A.V.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article emphasizes the importance of the construction industry for national economic development. Along with factual data, such as the industry's share of the country's GDP, it attributes a significant role to the construction complex as the infrastructural foundation of the economic system, without which the implementation of government and business projects is impossible. It concludes on the institutional role of this industry in the overall development of the economy and its transformation during shifts in technological paradigms. Accordingly, the need for a strategic approach (in line with the views of Professor V. L. Kvint's school of thought) at the industry, national, and other levels is recognized.

The study concludes that government and business efforts in developing the construction industry are insufficiently focused. It examines some of the industry's weaknesses and threats, mitigating which and creating competitive advantages requires the application of new technologies and approaches. Therefore, it is concluded that the development of the construction industry must be closely linked to the economy of innovation. In particular, innovative products based on artificial intelligence and robotics are mentioned, highlighting their main advantages and beneficial effects. However, these technologies have certain unique characteristics in terms of accessibility, distribution, and application in the Russian economy. The need for state support and development of appropriate directions of state policy is substantiated.

The article highlights the engineering sector as a catalyst for innovation in the construction industry. It emphasizes that engineering is capable of rapidly and systematically implementing new technologies and methodologies in the business activities of construction organizations. Closely interlinked with the application and development of innovative products and solutions, this sector enables the innovative development of the construction industry to be achieved more quickly and effectively than if construction companies were to implement such products independently.

Keywords: innovation economics, innovation, strategy, strategizing, construction industry, engineering.

References

1. Adebowale O., Agumba J.. A scientometric analysis and review of construction labour productivity research // International Journal of Productivity and Performance Management. 2023. Vol.72. No 7. pp. 1903-1923.
1. Anditiaman N., Latif R., Rahim I., Arifuddin R. Productivity Model of Labour on Construction Projects in Indonesia // International Journal of Engineering Trends and Technology. 2022. Vol. 70. №. 11. pp. 211-218.
3. Bang S., Olsson N. Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review // Journal of Engineering, Project, and Production Management. 2022. Vol. 12. № 3. pp. 224-238.
4. Bodrunov S. D. Noonomics as a paradigm of global development // Noonomics and noosociety. Almanac of works of the Institute of Industrial Research named after S. Yu. Witte. 2025:4-2; 13–3 (In Russ.).
5. Bhatti I., et al. Building Construction Labour Productivity in Arid Climate Environment // Journal of Applied Engineering Sciences. 2019. Vol. 9. № 2. pp. 125-130.
2. Wang N., Xu Z., Liu Z. Innovation in the construction sector: Bibliometric analysis and research agenda //Journal of Engineering and Technology Management. 2023. Vol. 68. pp. 1-13.
3. Vlasyuk L. I., Gavrilina D. N., Abakumova I. S. Strategic priorities for the development of small innovative entrepreneurship in Russia // Economic revival of Russia. 2024:81-3; 118-131 (In Russ.).

Индекс институционализации ценностных оснований социальной архитектуры государства: построение и свойства

Ефремов Андрей Александрович
доктор экономических наук, доцент, проректор по государственным заданиям, Российский государственный гуманитарный университет, efremov.aa@rggu.ru,

Оськина Марина Николаевна
аспирант, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, mari-oskina@yandex.ru

В статье предложен индекс, позволяющий оценить, доходит ли закрепленная государством ценность до устойчивой практики и на каком уровне ее прохождение прерывается. Сформулированы четыре требования к агрегированию поуровневых оценок и обоснована двухкомпонентная конструкция, в которой индекс управляемости институционализации отражает средний уровень сформированности архитектуры, коэффициент прохождения ценности строится как отношение минимальной оценки к максимальной, а их произведение дает скорректированный индекс институционализации. Свойства конструкции исследованы вычислительно на полном пространстве профилей порядковой шкалы. Установлено, что верхняя зона интерпретации достижима только равномерными профилями, нижняя зона устроена консервативно, а выигрыш индекса от улучшения слабого звена многократно превышает выигрыш от улучшения любого иного уровня. Работоспособность методики показана расчетами по двум ценностным блокам, семейно-демографическому и блоку созидательного труда. При близких итоговых значениях индекс локализует разные слабые звенья и разных адресатов воздействия, что объясняет ограниченную результативность наращивания инструментов без организационного выравнивания.

Ключевые слова: социальная архитектура государства, институционализация ценностей, композитный индекс, принцип слабого звена, управленческий разрыв, семейно-демографическая политика.

Введение

Согласно определению авторов, социальная архитектура представляет собой многоуровневую институционально-организационную систему, включающую пять уровней: ценностный, институциональный, организационный, управленческий и политико-стратегический. Управленческий разрыв понимается как нарушение связности между уровнями, при котором формально закрепленная ценность не переходит в устойчивую социальную практику. Для диагностики таких разрывов предлагается индексная конструкция, оценивающая институционализацию ценностного блока по пяти уровням архитектуры. Исследование выполнено как методическая разработка. Сформулированы требования к агрегированию поуровневых оценок, проведено сравнение предлагаемой конструкции со стандартными способами свертки, свойства индексов исследованы вычислительно на полном пространстве возможных профилей. Работоспособность инструмента показана демонстрационными расчетами по двум ценностным блокам, семейно-демографическому и блоку созидательного труда, на общегосударственном документальном материале: нормативных правовых актах, официальной статистике и данных социологических опросов. Экспертная апробация методики в организациях-носителях составляет следующий этап исследовательской программы.

Задача исследования не сводилась к техническому выбору формулы. Агрегирование поуровневых оценок само по себе является содержательным решением о том, что считать успехом институционализации: неудачная конструкция воспроизводит на уровне измерения ту самую подмену, против которой направлена модель, когда высокий средний балл при проваленном звене создает иллюзию благополучия так же, как кассовое исполнение программ маскирует отсутствие социального эффекта [1; 2]. В практике композитных индикаторов накоплены типовые решения и типовые ошибки этого рода [3; 4]: показателен переход индекса человеческого развития со среднего арифметического на геометрическое среднее ради ограничения компенсируемости компонент [5].

Методологической рамкой работы служат положения новой институциональной экономики о разноскоростном изменении формальных правил и неформальных норм [6; 7], выводы российской школы теории реформ [8; 9] и концепция изоморфной мимикрии, то есть воспроизведения институциональных форм без стоящих за ними функций [10].

Требования к агрегированию и сравнение конструкций

Если институционализация понимается как прохождение ценности через все уровни архитектуры, то агрегирующая конструкция обязана прежде всего быть некомпенсируемой: полное выпадение любого уровня обнуляет итоговую оценку, сколь бы высоки ни были остальные, потому что разорванная цепочка не работает частично. Из той же логики следует и второе требование: общий уровень сформированности архитектуры и сбалансированность прохождения ценности нужно измерять раздельно. Это два разных диагноза с разными управленческими ответами, и конструкция, сливающая их в одно число, теряет ровно ту информацию, ради которой затевается диагностика.

Еще два требования обращены к практике применения. Показатель должен быть адресным, то есть заметно откликаться на улучшение слабого звена и существенно меньше на наращивание уже сильных уровней; в противном случае он поощряет управленческую активность там, где она проще, а не там, где нужна. И он должен воспроизводиться в экспертной практике: расчет остается прозрачным для эксперта без специальной подготовки.

Среднее арифметическое нарушает первое и третье требования: оно полностью компенсируемо, и профиль с провалом неотличим в нем от ровного профиля той же суммы. Минимум оценок радикально некомпенсируем, но нарушает второе требование с другой стороны, поскольку не различает системы, устроенные за пределами слабого звена по-разному. Геометрическое среднее занимает промежуточное положение: нулевое звено его обнуляет, однако уровень и сбалансированность по-прежнему слиты в одном числе, и профиль с глубоким перекосом получает завышенную оценку. Двухкомпонентная конструкция, состоящая из индекса управляемости институционализации ценностного блока (ИУИЦ) и коэффициента прохождения ценности (КПЦ), разводит эти измерения.

ИУИЦ = (Ц + И + О + У + ПС) / 5, **(1)**

где ИУИЦ обозначает индекс управляемости институционализации ценностного блока, а Ц, И, О, У, ПС соответствуют оценкам ценностного, институционального, организационного, управленческого и политико-стратегического уровней.

Среднее значение определяет общий уровень управляемости институционализации, но само по себе не выявляет дисбаланс: если один уровень развит значительно слабее остальных, именно он становится слабым звеном и источником управленческого разрыва. Поэтому вводится коэффициент прохождения ценности через уровни социальной архитектуры:

КПЦ = min(Ц, И, О, У, ПС) / max(Ц, И, О, У, ПС), **(2)**

где КПЦ обозначает коэффициент прохождения ценности через уровни социальной архитектуры.

При значении, близком к 1, уровни согласованы, а низкое значение указывает на выраженный дисбаланс и слабое звено. Если максимальное значение равно нулю, коэффициент принимается равным нулю: признаки институционализации отсутствуют по всем уровням. ИУИЦ, следовательно, фиксирует общий уровень, КПЦ отвечает за сбалансированность, а их произведение дает итоговую оценку, штрафующую дисбаланс пропорционально его глубине:

СИИЦ = ИУИЦ × КПЦ. (3)

Таблица 1 показывает поведение четырех конструкций на контрольных профилях.

Таблица 1

Поведение агрегирующих конструкций на контрольных профилях оценок (КПЦ приведен как вспомогательная компонента СИИЦ)

Профиль (Ц; И; О; У; ПС)	Среднее	Минимум	Геометрическое среднее	КПЦ	СИИЦ
(3; 3; 3; 3; 3)	3,00	3	3,00	1,00	3,00
(2; 2; 2; 2; 2)	2,00	2	2,00	1,00	2,00
(1; 3; 3; 3; 3)	2,60	1	2,41	0,33	0,87
(1; 1; 1; 1; 3)	1,40	1	1,25	0,33	0,47
(0; 3; 3; 3; 3)	2,40	0	0,00	0,00	0,00
(3; 3; 2; 2; 3)	2,60	2	2,55	0,67	1,73

Источник: рассчитано авторами.

Контрольные строки таблицы демонстрируют ключевые различия. Профиль (1; 3; 3; 3; 3) получает у среднего арифметического 2,60, что соответствует оценке внешне благополучной системы, тогда как СИИЦ относит его к зоне фрагментарной институционализации. Профили (1; 3; 3; 3; 3) и (1; 1; 1; 1; 3) неразличимы для минимума, но различаются для ИУИЦ (2,60 против 1,40): конструкция сохраняет информацию, которую минимум отбрасывает. Геометрическое среднее оценивает первый профиль в 2,41, смягчая перекос, который КПЦ фиксирует жестко (0,33).

Предлагаемая конструкция родственна квалиметрической традиции свертки частных оценок в обобщенный показатель, прежде всего функции желательности Харрингтона [11] и отечественной школе квалиметрии [12], где обобщенная оценка также обнуляется при неприемлемом значении любого частного отклика. Различие в условиях применения: построение функции желательности предполагает калибровку на значительном массиве наблюдений и сворачивает уровень и сбалансированность в одно число, тогда как предлагаемая методика рассчитана на экспертное оценивание по порядковой шкале с малым числом градаций и сохраняет обе характеристики как самостоятельные диагностические измерения.

Методика оценивания. Оценки выставляются по каждому уровню архитектуры для каждого ценностного блока по порядковой шкале от 0 до 3. Ноль означает, что признак отсутствует. Единица ставится, когда ценность обозначена формально и не обеспечена организационно или управленчески. Двойка отражает организационно-управленческую обеспеченность, за которой еще не стоит устойчивая практика. Тройка присваивается, если практика воспроизводится. Расчет опирается на допущение о содержательно равных шагах между градациями, поэтому наряду со средним фиксируются медиана и размах. При групповом оценивании согласованность экспертов контролируется коэффициентом конкордации Кендалла [13], а гипотеза о локализации разрывов проверяется критерием Фридмана для связанных выборок [14] с апостериорными сравнениями по Уилкоксону. Пороги интерпретации СИИЦ получены как произведения граничных значений составляющих: значения до 0,66 соответствуют критическому состоянию, от 0,67 до 1,33 фрагментарной институционализации, от 1,34 до 1,99 управляемой институционализации с дисбалансом уровней, от 2,00 согласованной институционализации. По мере накопления апробационных данных пороги подлежат калибровке.

Вычислительный анализ свойств конструкции

Свойства СИИЦ исследованы перебором полного пространства профилей; такой анализ служит стандартным элементом проверки робастности композитного показателя [4]. Пять уровней при четырех градациях шкалы дают 1024 возможных профиля. Три результата этого анализа имеют прямое управленческое значение.

Зона согласованной институционализации (СИИЦ ≥ 2,00) достижима лишь двумя профилями из 1024, и оба они равномерны: (2; 2; 2; 2; 2) и (3; 3; 3; 3; 3). Любой перекос выводит систему из верхней зоны, поскольку согласованность в этой конструкции означает равномерность на достаточном уровне, а не высокую сумму баллов. В зону управляемой институционализации с дисбалансом попадают 30 профилей, во фрагментарную зону 91 профиль.

Нижняя зона устроена, напротив, грубо. Критическая зона охватывает 88% пространства профилей, поскольку 76% из них содержат хотя бы один нулевой уровень, а требование некомпенсируемости провала обнуляет индекс. Огрубление сделано сознательно: разрешающая способность сосредоточена в верхней части пространства, где и находятся реальные объекты диагностики. Для организаций, у которых нулевые уровни исключены нормативной рамкой, рабочим диапазоном оказываются профили без нулей.

Третий результат касается адресности воздействий. Для каждого профиля сопоставлены два единичных управленческих шага: повышение слабейшего уровня на один балл и такое же повышение более сильного уровня. Средний прирост СИИЦ в первом случае составляет 0,345, во втором 0,005, и различие достигает примерно семидесяти раз. Для 84% профилей неадресное вложение в среднем не увеличивает индекс или даже снижает его. Конструкция, следовательно, не просто фиксирует дисбаланс, но делает адресное воздействие единственной стратегией, устойчиво улучшающей оценку.

Демонстрационный расчет: семейно-демографический ценностный блок

Статус расчета требует ясной оговорки: оценки выставлены авторами на основе документального анализа и открытых данных, аргументация каждого балла приведена ниже; слепая многоэкспертная апробация в организациях-носителях составляет предмет отдельной публикации.

Ценностному уровню поставлена оценка 3: крепкая семья входит в перечень традиционных российских духовно-нравственных ценностей [15] и занимает первое место среди главных ценностей россиян, ее назвали 68% опрошенных [16]. Институциональный уровень также получает 3, поскольку ценность закреплена поправками 2020 года к Конституции Российской Федерации [17], Указом № 809 и развитым отраслевым законодательством. Такую же оценку имеет политико-стратегический уровень: сохранение населения отнесено к национальным целям [18], действует Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности до 2036 года [19]. Организационный уровень оценен в 2 балла: организации-носители сформированы, однако межведомственная координация семейной политики с жилищной, трудовой и образовательной не имеет единого организационного носителя. Управленческий уровень также оценивается в 2 балла. Инструментальный слой насыщен и включает национальный проект «Семья» [20], материнский капитал, семейную ипотеку, ежегодную семейную выплату, но система показателей фиксирует предоставление мер, а не изменение репродуктивного поведения. При последовательном росте объема поддержки суммарный коэффициент рождаемости снизился с 1,78 в 2015 году до 1,40 в 2024 году и 1,374 по оперативным данным 2025 года [21], а разрыв между желаемым (3,2) и ожидаемым (2,4) числом детей [22] показывает, что ценностная установка в поведение не конвертируется.

Итог расчета: ИУИЦ = 2,60; КПЦ = 2/3 ≈ 0,67; СИИЦ ≈ 1,73, что соответствует зоне управляемой институционализации с дисбалансом уровней. Сценарный расчет переводит этот диагноз в управленческий язык.

Сценарный расчет показывает, к чему ведут разные управленческие стратегии. Наращивание инструментов без организационного выравнивания (сценарий С1) дает профиль (3; 3; 2; 3; 3) с ИУИЦ 2,80 и СИИЦ 1,87: средний уровень растет при неизменной сбалансированности. Одновременное выравнивание организационного и управленческого уровней (сценарий С2) выводит блок к профилю (3; 3; 3; 3; 3), где ИУИЦ и СИИЦ равны 3,00. Гипотетическое выпадение управленческого уровня (3; 3; 2; 0; 3) обнуляет итоговую оценку при ИУИЦ 2,20. Положение кейса и сценариев в диагностическом пространстве показано на рисунке 1, где горизонтальная ось отражает общий уровень сформированности архитектуры, вертикальная сбалансированность прохождения ценности, а гиперболы служат границами зон интерпретации.

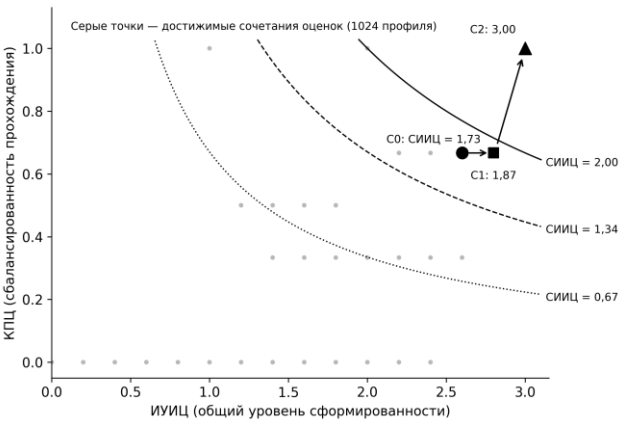


Рисунок 1 — Кейс и сценарии в диагностическом пространстве «ИУИЦ и КПЦ» (С0 обозначает текущее состояние, С1 наращивание инструментов, С2 выравнивание отстающих уровней)

Расчет и рисунок 1 позволяют сформулировать три вывода кейса.

Вывод 1. Основная проблема семейно-демографического блока состоит не в дефиците обеспечения, а в дисбалансе. Три уровня из пяти получают максимальную оценку. Индекс управляемости высок (ИУИЦ = 2,60 из 3,00),

однако прохождение ценности упирается в два отстающих уровня, организационный и управленческий.

Вывод 2 отвечает на вопрос, почему наращивание расходов на меры поддержки не дает соразмерного демографического результата. На рисунке 1 это движение из точки C0 в точку C1, горизонтальный сдвиг вправо, при котором система не пересекает границу зоны. Коэффициент прохождения не меняется, пока минимальная оценка остается прежней. Деньги усиливают и без того сильный инструментальный слой, не устраняя слабого звена, и конструкция индекса не квалифицирует такое воздействие как улучшение.

Вывод 3. Единственная траектория, выводящая блок в зону согласованной институционализации, состоит в диагональном переходе от C0 к C2 с одновременным ростом обеих компонент, то есть в выравнивании обоих отстающих уровней. Практически это означает две конкретные меры. Во-первых, это создание единого организационного носителя межведомственной координации семейной политики с жилищной, трудовой и образовательной политикой. Во-вторых, переориентацию системы показателей с объема предоставленных мер на изменение устойчивых практик (динамику репродуктивных установок и поведения, а не охват выплатами).

Таблица 2
Сопоставление результатов диагностики двух ценностных блоков

Параметр	Семейно-демографический блок	Блок созидательного труда
Профиль (Ц; И; О; У; ПС)	(3; 3; 2; 2; 3)	(3; 3; 2; 3; 3)
ИУИЦ	2,60	2,80
КПЦ	0,67	0,67
СИИЦ	1,73	1,87
Зона шкалы	управляемая институционализация с дисбалансом	управляемая институционализация с дисбалансом
Слабое звено	организационное и управленческое	организационное
Приоритетный адресат воздействия	единый носитель межведомственной координации; переориентация показателей на устойчивые практики	консолидирующий организационный носитель блока

Источник: рассчитано авторами.

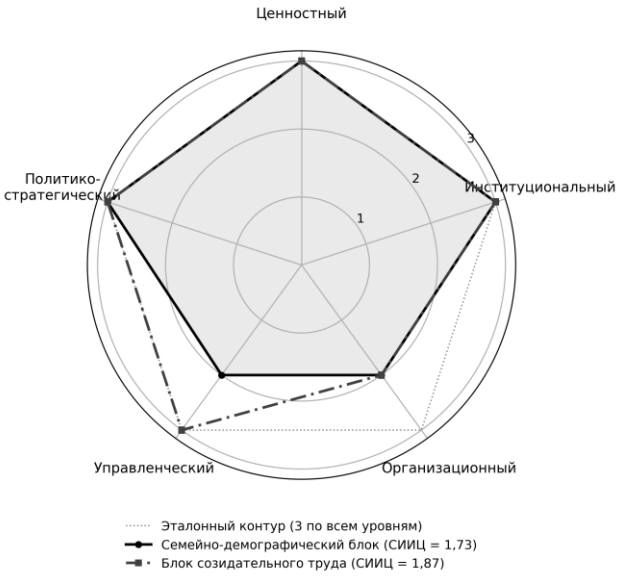


Рисунок 2 — Наложение профилей семейно-демографического блока и блока созидательного труда (пунктиром показан эталонный контур)

Сопоставительный расчет: блок созидательного труда

Инструмент проверен и на втором ценностном блоке из того же перечня [15], профиль которого сложился иначе. Ценностный уровень получает 3: созидательный труд прямо назван в числе традиционных российских ценностей, а социологические замеры фиксируют высокую общественную оценку труда, 72% россиян считают труд рабочего престижным [23]. Институциональный уровень также оценен в 3 балла, поскольку помимо кодифицированного трудового законодательства действует развитая рамка национальной системы квалификаций, включая независимую оценку квалификации [24]. Инструментальный слой насыщен и продолжает пополняться, он включает национальные проекты производительности труда и кадрового обеспечения [25], федеральный проект «Профессионалитет» и систему профессиональных стандартов с измеримыми показателями, что дает управленческому уровню оценку 3. Столько же получает политико-стратегический уровень, так как кадровое обеспечение экономики закреплено в качестве национального приоритета. Слабым оказывается организационный уровень с оценкой 2: инфраструктура квалификаций, объединения работодателей и профсоюзные структуры действуют параллельно, единый организационный носитель блока не сложился.

Расчет дает ИУИЦ = 2,80, КПЦ = 2/3 ≈ 0,67 и СИИЦ ≈ 1,87. Это та же зона управляемой институционализации с дисбалансом, что и у семейно-демографического блока, но слабое звено расположено иначе. Сопоставление показывает дискриминантную способность конструкции: близкие итоговые значения (1,73 и 1,87) сопровождаются разными диагнозами и разными адресатами воздействия. Семейному блоку недостает и организационного носителя, и переориентации показателей, трудовому требуется только организационная консолидация при насыщенном инструментальном слое. Показателен общий для двух блоков коэффициент прохождения 0,67: блок труда воспроизводит в реальности сценарий C1 семейного кейса.

Сводное сопоставление двух блоков приведено в таблице 2, а наложение профилей показано на рисунке 2.

Различие диагнозов отражает разную механику формирования блоков. Семейно-демографический блок институционализировался «сверху вниз»: ценность с высокой социальной легитимностью получила конституционное и стратегическое закрепление, однако исполнение осталось распределенным между ведомствами, а показатели остались привязанными к объему предоставленных мер, поэтому разрыв здесь двухзвенный. Блок созидательного труда формируется в обратной последовательности. На давно сложившееся нормативное ядро наращивается плотная инструментальная надстройка, за ростом которой не успевает консолидирующее организационное звено, и разрыв остается однозвенным. Конструкция различает оба состояния, поэтому применима для адресного управленческого воздействия, а не только для констатации общего уровня.

Заключение. Предложенная конструкция выдерживает все четыре сформулированных требования к агрегированию, чего не обеспечивает ни одна из распространенных альтернатив: среднее компенсирует провалы, минимум теряет информацию о системе, геометрическое среднее смешивает уровень со сбалансированностью. Вычислительный анализ показал, что строгость верхней зоны и адресность представляют собой работающие механизмы конструкции, а не побочные эффекты. Индекс устойчиво растет только от воздействия на слабое звено, и по этой причине он пригоден для встраивания в управленческий механизм. Демонстрационные расчеты по двум ценностным блокам подтвердили диагностическую состоятельность и дискриминантную способность подхода на материале политики общегосударственного масштаба. Выводы имеют естественные границы. Оценки выставлены авторами и аргументированы документально, пороги шкалы заданы аналитически, а вычислительный анализ описывает конструкцию на равновероятном пространстве профилей. Замещение авторских оценок обезличенными оценками экспертных групп с контролем согласованности и эмпирическая калибровка порогов составят предмет следующей публикации по результатам апробации методики в организациях-носителях социальной архитектуры.

Литература

1. Pressman J.L., Wildavsky A. Implementation. — 3rd ed. — Berkeley: University of California Press, 1984. — 281 p.
2. Lipsky M. Street-Level Bureaucracy: Dilemmas of the Individual in Public Services. — 30th Anniversary Expanded Ed. — New York: Russell Sage Foundation, 2010. — 275 p.
3. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. — Paris: OECD Publishing, 2008. — 158 p.
4. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness // Social Indicators Research. — 2019. — Vol. 141. — P. 61–94.
5. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. — New York: UNDP, 2010. — 227 p.
6. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. — М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. — 180 с.
7. Williamson O.E. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead // Journal of Economic Literature. — 2000. — Vol. 38, No. 3. — P. 595–613.
8. Полтерович В.М. Институциональные ловушки и экономические реформы // Экономика и математические методы. — 1999. — Т. 35, № 2. — С. 3–20.
9. Тамбовцев В.Л. Теории институциональных изменений. — М.: ИНФРА-М, 2009. — 154 с.
10. Andrews M., Pritchett L., Woolcock M. Building State Capability: Evidence, Analysis, Action. — Oxford: Oxford University Press, 2017. — 288 p.
11. Harrington E.C. The Desirability Function // Industrial Quality Control. — 1965. — Vol. 21, No. 10. — P. 494–498.
12. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). — М.: Экономика, 1982. — 256 с.
13. Kendall M.G. Rank Correlation Methods. — London: Charles Griffin, 1948. — 160 p.
14. Friedman M. The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance // Journal of the American Statistical Association. — 1937. — Vol. 32, No. 200. — P. 675–701.
15. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей».

16. Традиционные ценности: ожидание и реальность // ВЦИОМ. 08.07.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/tradicionnye-cennosti-ozhidanie-i-realnost (дата обращения: 14.06.2026).
17. Конституция Российской Федерации (с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020).
18. 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».
19. Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 15.03.2025 № 615-р.
20. Национальный проект «Семья» // Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации: официальный сайт. URL: https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/nacproekt_semya (дата обращения: 24.08.2026).
21. Демография. Суммарный коэффициент рождаемости // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/12781 (дата обращения: 24.08.2026).
22. Семья и брак в России XXI века // ВЦИОМ. 12.05.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/semja-i-brak-v-rossii-xxi-veka (дата обращения: 14.06.2026).
23. Рабочие профессии: мониторинг // ВЦИОМ. 15.12.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/rabochie-professii-monitoring (дата обращения: 24.08.2026).
24. Федеральный закон от 03.07.2016 № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации».
25. Национальный проект «Кадры» // Правительство Российской Федерации: официальный сайт. URL: http://government.ru/rugovclassifier/904/events/ (дата обращения: 24.08.2026).

Institutionalization Index of the Value Foundations of the State Social Architecture: Construction and Properties

Efremov A.A., Oskina M.N.
Russian State University for the Humanities, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The paper proposes an index of the institutionalization of the value foundations of the state's social architecture, a tool that shows whether a formally established value reaches sustainable practice and where its passage breaks. Four requirements for aggregating level-based assessments are formulated, and a two-component design is substantiated: the institutionalization manageability index (the mean of level scores), the value passage coefficient (the ratio of the minimum score to the maximum), and their product, the adjusted institutionalization index. The properties of the design are examined computationally on the full space of ordinal-scale profiles. The upper interpretation zone proves to be strict, the lower zone conservative, and the targeting property holds: the average gain from improving the weakest link is many times greater than from improving any other level. The applicability of the methodology is demonstrated by calculations for two value blocks, family-demographic and creative labour. With close overall values the index localizes different weakest links, which confirms the discriminant capacity of the design.

Keywords: state social architecture, institutionalization of values, composite index, weakest link principle, managerial gap, family and demographic policy.

References

1. Pressman J.L., Wildavsky A. Implementation. 3rd ed. Berkeley: University of California Press, 1984. 281 p.
2. Lipsky M. Street-Level Bureaucracy: Dilemmas of the Individual in Public Services. 30th Anniversary Expanded Ed. New York: Russell Sage Foundation, 2010. 275 p.
3. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris: OECD Publishing, 2008. 158 p.
4. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. Social Indicators Research, 2019, vol. 141, pp. 61–94.
5. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. New York: UNDP, 2010. 227 p.
6. North D.C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 152 p.
7. Williamson O.E. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead. Journal of Economic Literature, 2000, vol. 38, no. 3, pp. 595–613.
8. Polterovich V.M. Institutional traps and economic reforms. Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 3–20. (In Russ.)
9. Tambovtsev V.L. Theories of institutional change. Moscow: INFRA-M, 2009. 154 p. (In Russ.)
10. Andrews M., Pritchett L., Woolcock M. Building State Capability: Evidence, Analysis, Action. Oxford: Oxford University Press, 2017. 288 p.
11. Harrington E.C. The Desirability Function. Industrial Quality Control, 1965, vol. 21, no. 10, pp. 494–498.
12. Azgal'dov G.G. Theory and practice of assessing the quality of goods (fundamentals of qualimetry). Moscow: Ekonomika, 1982. 256 p. (In Russ.)
13. Kendall M.G. Rank Correlation Methods. London: Charles Griffin, 1948. 160 p.
14. Friedman M. The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. Journal of the American Statistical Association, 1937, vol. 32, no. 200, pp. 675–701.
15. Decree of the President of the Russian Federation No. 809 of 09.11.2022 "On Approving the Fundamentals of State Policy for Preserving and Strengthening Traditional Russian Spiritual and Moral Values". (In Russ.)
16. Traditional values: expectation and reality. VCIOM (Russian Public Opinion Research Center), 08.07.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/tradicionnye-cennosti-ozhidanie-i-realnost (In Russ.)
17. Constitution of the Russian Federation (as amended following the nationwide vote of 01.07.2020). (In Russ.)
18. Decree of the President of the Russian Federation No. 309 of 07.05.2024 "On the National Development Goals of the Russian Federation until 2030 and for the Period up to 2036". (In Russ.)
19. Strategy of Actions for Implementing Family and Demographic Policy and Supporting Large Families in the Russian Federation until 2036: approved by Government Directive No. 615-r of 15.03.2025. (In Russ.)
20. National Project "Family". Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation. URL: https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/nacproekt_semya (дата обращения: 24.08.2026). (In Russ.)
21. Demography. Total Fertility Rate. Federal State Statistics Service. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/12781 (дата обращения: 24.08.2026). (In Russ.)
22. Family and marriage in 21st-century Russia. VCIOM (Russian Public Opinion Research Center), 12.05.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/semja-i-brak-v-rossii-xxi-veka (In Russ.)
23. Blue-collar occupations: monitoring. VCIOM (Russian Public Opinion Research Center), 15.12.2025. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/rabochie-professii-monitoring (In Russ.)
24. Federal Law No. 238-FZ of 03.07.2016 "On Independent Qualification Assessment". (In Russ.)
25. National Project "Kadry" (Workforce). Government of the Russian Federation: official website. URL: http://government.ru/rugovclassifier/904/events/. (In Russ.)

Стратегическое управление инновационным потенциалом туристских предприятий

Замятина Наталья Александровна
к.филол.н., доцент, доцент кафедры управления в международном бизнесе и индустрии туризма, Государственный университет управления, na_zamyatina@guu.ru,

Цаболова Ольга Руслановна
к.филол.н., доцент, доцент кафедры управления в международном бизнесе и индустрии туризма, Государственный университет управления, orts@bk.ru,

Збарская Анна Владимировна
ст. преподаватель кафедры управления в международном бизнесе и индустрии туризма, Государственный университет управления, av_zbarskaya@guu.ru,

Цунаева Юлия Олеговна
ст. преподаватель кафедры управления в международном бизнесе и индустрии туризма, Государственный университет управления, yo_tsunaeva@guu.ru

В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты стратегического управления инновационным потенциалом туристских предприятий в условиях возрастающей нестабильности внешней среды и ускоренной цифровой трансформации. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционные модели менеджмента, ориентированные на стабильные рынки и предсказуемое поведение потребителей, перестают обеспечивать устойчивое развитие туристских организаций. Авторы анализируют содержание категории «инновационный потенциал» применительно к сфере туризма, выявляют его структурные компоненты и обосновывают необходимость интеграции инновационной составляющей в общую стратегию предприятия. Особое внимание уделяется вопросам формирования инновационной среды, роли цифровых технологий и организационно-экономических механизмов, обеспечивающих наращивание и эффективное использование инновационных ресурсов. В работе обобщены подходы российских исследователей к управлению инновационной деятельностью в туристском бизнесе, предложена авторская трактовка стратегического управления инновационным потенциалом, учитывающая отраслевую специфику. На основе анализа теоретических положений и эмпирических наблюдений сформулированы принципы построения стратегии, ориентированной на долгосрочное развитие туристского предприятия.
Ключевые слова: инновационный потенциал, стратегическое управление, туристское предприятие, инновационная деятельность, цифровая трансформация, туристская дестинация, конкурентоспособность, инновационная среда, устойчивое развитие, организационно-экономический механизм.

Введение

Сфера туризма в последние десятилетия демонстрирует высокую динамику, однако её развитие сопровождается нарастающей турбулентностью, связанной с геополитическими сдвигами, изменением потребительских предпочтений и стремительным проникновением цифровых технологий во все сегменты отрасли.

Туристские предприятия, ещё вчера успешно работавшие на отлаженных маршрутах и устоявшихся схемах взаимодействия с партнёрами, сегодня вынуждены искать новые модели поведения, позволяющие не просто выживать, но и укреплять конкурентные позиции.

В данных условиях особую значимость приобретает способность организации не только реагировать на изменения, но и предвосхищать их, формируя внутренние ресурсы для постоянного обновления. Именно инновационный потенциал становится тем скрытым резервом, который определяет долгосрочную устойчивость туристского предприятия и его возможность адаптироваться к меняющемуся ландшафту.

Научное осмысление проблемы управления инновационным потенциалом в туризме имеет свою специфику, обусловленную нематериальным характером значительной части туристского продукта, высокой зависимостью от внешней среды и сложностью измерения инновационных результатов.

Е.Е. Коновалова и О.Е. Лебедева подчёркивают, что стратегия управления инновационной деятельностью туристского предприятия должна учитывать не только технологические новации, но и организационно-управленческие преобразования, поскольку именно они зачастую обеспечивают синергетический эффект [2].

Исследователи обращают внимание на то, что инновационная активность в туризме не сводится к внедрению цифровых сервисов, а охватывает более широкий спектр изменений - от пересмотра бизнес-моделей до трансформации корпоративной культуры.

Данный подход представляется продуктивным, поскольку позволяет увидеть в инновационном потенциале не просто набор ресурсов, а динамическую характеристику, проявляющуюся в способности предприятия к постоянному самообновлению.

М.А. Морозова предлагает рассматривать инновационный подход к менеджменту туристских дестинаций через призму взаимодействия всех участников туристского процесса - от органов власти до локальных сообществ и частных предприятий [4]. По её мнению, инновационный потенциал дестинации формируется как результат синергии множества факторов, и управление им требует координации усилий на разных уровнях.

Данный взгляд расширяет традиционное представление об инновационном потенциале отдельного предприятия, помещая его в более широкий контекст территориального развития. В то же время возникает вопрос о том, как именно предприятие может использовать ресурсы дестинации для наращивания собственного инновационного потенциала, не растворяясь при этом в общих усилиях. Ответ на него требует уточнения самого понятия и его структурной декомпозиции.

Н.И. Новикова акцентирует внимание на поэтапности формирования инновационной стратегии турпредприятия, выделяя последовательные стадии - от анализа внешней и внутренней среды до выбора конкретных инструментов реализации [5]. Логика такого подхода очевидна: без чёткого алгоритма даже самые перспективные идеи рискуют остаться нереализованными.

Однако представляется, что этапность не должна превращаться в жёсткую линейную схему, поскольку в туризме изменения происходят столь стремительно, что требуют итеративного пересмотра принятых решений. Следовательно, стратегическое управление инновационным потенциалом должно сочетать планомерность с гибкостью, а это предполагает наличие механизмов обратной связи и постоянного мониторинга результатов.

А.И. Пинский, Ю.В. Гусев и Т.А. Половова исследуют формирование интегрированной бизнес-концепции предприятий на основе инновации ценности продукта или услуги [6]. Их подход интересен тем, что переносит акцент с технологических новшеств на создание новой ценности для потребителя, что особенно актуально для туризма, где эмоциональная составляющая играет ключевую роль.

В то же время Т.А. Половова, Д.С. Новиков и Е.С. Рахматуллина указывают на необходимость формирования инновационной среды в условиях цифровизации экономики, подчёркивая, что без соответствующей инфраструктуры и организационной поддержки отдельные инновации не дают системного эффекта [7].

И.А. Рогова, в свою очередь, отмечает, что управление инновационной деятельностью в туристском бизнесе имеет ряд особенностей, связанных с сезонностью, зависимостью от природно-климатических факторов и высокой ролью человеческого капитала [8]. Ю.Ю. Швец предлагает концептуальные подходы к управлению инновационной деятельностью туристского региона, увязывая инновационный потенциал с территориальными ресурсами и стратегиями развития [13].

Обобщение данных позиций позволяет сделать вывод о том, что стратегическое управление инновационным потенциалом туристского предприятия должно опираться на комплексный, многоуровневый подход, учитывающий как внутренние ресурсы организации, так и внешние условия её функционирования.

Цель исследования - разработка теоретических положений и практических рекомендаций по стратегическому управлению инновационным потенциалом туристских предприятий в условиях технологической трансформации и возрастающей нестабильности рынка туристских услуг.

Методологическую основу исследования составили общенаучные методы познания: анализ и синтез, индукция и дедукция, сравнение и обобщение. Применение системного подхода позволило рассмотреть инновационный потенциал туристского предприятия как сложную, многоуровневую систему, элементы которой находятся в тесной взаимосвязи.

Структурно-функциональный анализ дал возможность выявить основные компоненты инновационного потенциала и определить их роль в обеспечении устойчивого развития организации. Кроме того, использовался метод сравнительного анализа, позволивший сопоставить различные подходы к управлению инновационной деятельностью и выявить наиболее продуктивные из них применительно к туристской сфере.

Эмпирическую основу составили наблюдения за практикой функционирования туристских предприятий, а также обобщение опыта, представленного в научной литературе и экспертных материалах. Данный подход позволил не только описать существующее положение дел, но и сформулировать предложения, направленные на совершенствование стратегического управления инновационным потенциалом.

Основная часть

Проведённый анализ показал, что инновационный потенциал туристского предприятия представляет собой совокупность взаимосвязанных ресурсов - кадровых, информационных, технологических, организационных и финансовых, - которые могут быть использованы для создания и внедрения новшеств, обеспечивающих устойчивые конкурентные преимущества.

Однако наличие ресурсов само по себе не гарантирует инновационного развития. Ключевое значение имеет способность организации приводить данные ресурсы в действие, трансформировать их в конкретные продукты, услуги или управленческие решения [1, 9, 15].

Следовательно, инновационный потенциал следует рассматривать не как статичную величину, а как динамическую характеристику, проявляющуюся в готовности и способности предприятия к постоянному обновлению. При этом важно различать потенциальные возможности и их фактическую реализацию, т.е. предприятие может обладать значительными ресурсами, но не использовать их в полной мере из-за отсутствия стратегических ориентиров, слабой мотивации персонала или неэффективных организационных механизмов.

Именно поэтому управление инновационным потенциалом требует не только наращивания ресурсной базы, но и создания условий для её практического применения.

В ходе исследования выявлено, что стратегическое управление инновационным потенциалом включает несколько взаимосвязанных направлений. Первое связано с диагностикой текущего состояния инновационного потенциала и определением его сильных и слабых сторон.

Данная диагностика не должна ограничиваться формальными показателями, т.е. важно учитывать качественные характеристики, такие как готовность сотрудников к изменениям, наличие внутренних коммуникаций, уровень доверия между подразделениями. Второе направление предполагает формирование целей и приоритетов инновационного развития в увязке с общей стратегией предприятия. Здесь принципиально важно избегать разрыва между стратегическими установками и повседневной деятельностью, т.е. инновационные цели должны находить отражение в конкретных планах, бюджетах и показателях эффективности.

Третье направление охватывает разработку и реализацию конкретных мер, направленных на наращивание инновационного потенциала и его эффективное использование. Четвёртое связано с мониторингом результатов и корректировкой стратегии в зависимости от изменений внешней и внутренней среды. Данная логика позволяет обеспечить непрерывность инновационного процесса и его интеграцию в повседневную деятельность организации.

Отдельного внимания заслуживает вопрос о роли цифровых технологий в наращивании инновационного потенциала туристских предприятий [3, 10, 14]. При этом цифровизация открывает новые возможности для персонализации туристского продукта, оптимизации бизнес-процессов, расширения каналов коммуникации с потребителями и партнёрами.

Вместе с тем она предъявляет повышенные требования к компетенциям персонала, состоянию информационной инфраструктуры и готовности руководства к организационным изменениям. Кроме того, наблюдения показали, что предприятия, которые рассматривают цифровые технологии исключительно как инструмент автоматизации, не получают ожидаемого эффекта.

Напротив, те организации, которые интегрируют цифровые решения в стратегию развития и используют их для создания новой ценности, демонстрируют более высокую устойчивость и конкурентоспособность. При этом цифровая трансформация не должна становиться самоцелью, т.е. технологические решения оправданы лишь тогда, когда они способствуют решению конкретных задач - повышению качества обслуживания, сокращению издержек, расширению рынков сбыта или укреплению взаимоотношений с клиентами.

Ещё один значимый результат связан с пониманием того, что инновационный потенциал туристского предприятия не может формироваться изолированно, так как тесно связан с инновационным потенциалом туристской дестинации, региона и отрасли в целом.

Взаимодействие с партнёрами, участие в кластерных и сетевых структурах, обмен знаниями и опытом - всё это создаёт дополнительные возможности для развития. Следовательно, стратегическое управление инновационным потенциалом должно учитывать не только внутренние ресурсы, но и внешние источники инноваций.

Это особенно важно для малых и средних туристских предприятий, которые зачастую не располагают достаточными собственными ресурсами для самостоятельного осуществления масштабных инновационных проектов.

Включение в сети и альянсы позволяет им получить доступ к технологиям, рынкам и компетенциям, которые были бы недоступны в одиночку [11, 12, 16]. Однако такое включение требует готовности к координации усилий, обмену информацией и совместному принятию решений, что, в свою очередь, предполагает наличие соответствующих управленческих механизмов и определённого уровня доверия между участниками.

Исследование также показало, что успешность стратегического управления инновационным потенциалом во многом зависит от организационной культуры и готовности персонала к изменениям. При этом инновации не возникают сами по себе, но требуют атмосферы, в которой поощряется инициатива, допускается разумный риск и поддерживается постоянный поиск новых решений.

Формирование данной атмосферы - задача руководства, которое должно не только декларировать приверженность инновациям, но и создавать реальные механизмы для их реализации. Все это предполагает пересмотр системы мотивации, развитие компетенций сотрудников и создание условий для обмена знаниями внутри организации.

При этом важно понимать, что инновационная культура не формируется одномоментно, т.е. она складывается в результате последовательных усилий, направленных на изменение ценностных установок и поведенческих моделей.

В туризме, где значительная часть взаимодействия с потребителем происходит на уровне конкретных сотрудников, человеческий фактор приобретает особое значение, т.е. именно персонал становится проводником инноваций или, напротив, барьером на их пути.

Существенным результатом исследования стало выявление того, что инновационный потенциал туристского предприятия имеет выраженную отраслевую специфику, которая проявляется в нескольких аспектах. Во-первых, туристский продукт отличается высокой степенью неоднородности и зависимости от субъективных ощущений потребителя, что затрудняет стандартизацию инноваций и их тиражирование.

Во-вторых, значительная часть туристских услуг носит сезонный характер, что ограничивает возможности для равномерного использования инновационных ресурсов в течение года. В-третьих, туристская деятельность тесно связана с природно-климатическими, культурными и социальными условиями конкретной территории, что делает невозможным прямое копирование даже самых успешных инновационных решений.

Следовательно, стратегическое управление инновационным потенциалом должно учитывать данные особенности и адаптировать общие подходы к конкретным условиям функционирования предприятия.

Наряду с этим было установлено, что важным условием эффективного управления инновационным потенциалом является наличие системы оценки его состояния и динамики. Без такой системы невозможно определить, насколько успешно реализуются выбранные стратегии и какие корректировки необходимы.

Однако разработка подобной системы сопряжена с определёнными трудностями, поскольку многие элементы инновационного потенциала имеют качественную природу и с трудом поддаются формализации. Тем не менее, это не означает отказа от измерительных процедур, т.е. речь может идти о сочетании количественных и качественных методов, использовании экспертных оценок, анализе косвенных показателей.

Важно, чтобы оценка не превращалась в самоцель, а служила инструментом для принятия обоснованных управленческих решений. Практика показала, что предприятия, которые регулярно анализируют состояние своего инновационного потенциала, более осознанно подходят к выбору приоритетов и более эффективно распределяют ресурсы.

Наконец, исследование позволило сделать вывод о том, что стратегическое управление инновационным потенциалом не является единовременным актом, а представляет собой непрерывный процесс, требующий постоянного внимания со стороны руководства.

В условиях быстрых изменений внешней среды даже самые продуманные стратегии нуждаются в периодическом пересмотре. Все это означает, что управление инновационным потенциалом должно быть встроено в общую систему стратегического менеджмента предприятия, а не рассматриваться как отдельное направление деятельности. Только в этом случае инновации становятся не эпизодическими всплесками, а устойчивой характеристикой

организационного поведения, обеспечивающей долгосрочное развитие туристского предприятия.

Выводы

Проведённое исследование позволяет сделать ряд выводов, имеющих как теоретическое, так и практическое значение. Стратегическое управление инновационным потенциалом туристского предприятия представляет собой непрерывный процесс, охватывающий диагностику, целеполагание, реализацию и мониторинг инновационных изменений. При этом инновационный потенциал не сводится к совокупности ресурсов, а характеризует способность организации приводить данные ресурсы в действие и трансформировать их в устойчивые конкурентные преимущества.

В условиях технологической трансформации и возрастающей нестабильности рынка туристских услуг именно инновационный потенциал становится ключевым фактором, определяющим долгосрочную устойчивость предприятия.

Практическая значимость исследования состоит в том, что сформулированные положения могут быть использованы при разработке стратегий развития туристских организаций, а также в системе подготовки и повышения квалификации управленческих кадров.

Предложенный подход к управлению инновационным потенциалом ориентирует руководителей на комплексное видение проблемы, учитывающее как внутренние ресурсы предприятия, так и внешние условия его функционирования. Особое внимание следует уделять формированию инновационной среды, развитию цифровых компетенций персонала и созданию механизмов, обеспечивающих непрерывность инновационного процесса.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на разработку методик количественной оценки инновационного потенциала туристских предприятий, а также на изучение отраслевых и региональных особенностей управления инновационной деятельностью. Представляется перспективным анализ взаимосвязи между уровнем инновационного потенциала и показателями финансово-хозяйственной деятельности туристских организаций.

Литература

1. Завалько, Н.А. Цифровая экономика и ее влияние на государственное и муниципальное управление [Текст] / Н.А. Завалько, О.Е. Матюнина, В.О. Кожина, А.А. Соколов, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. - 2018. - № 11 (100). - С. 101-104.
2. Коновалова, Е.Е. Стратегия управления инновационной деятельностью туристского предприятия [Текст] / Е.Е. Коновалова, О.Е. Лебедева // Сервис plus. - 2025. - Т. 19. - № 1. - С. 151-158.
3. 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.
4. Морозова, М.А. Инновационный подход к менеджменту туристских дестинаций [Текст] / М.А. Морозова // Наука и бизнес: пути развития. - 2016. - № 7 (61). - С. 59-63.
5. Новикова, Н.И. Этапы формирования инновационной стратегии турпредприятия [Текст] / Н.И. Новикова // Вектор экономики. - 2020. - № 2 (44). - С. 35.
6. Пинский, А.И. Формирование интегрированной бизнес-концепции предприятий на основе инновации ценности продукта/услуги [Текст] / А.И. Пинский, Ю.В. Гусев, Т.А. Половова // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. - 2022. - № 2. - С. 43-58.
7. Половова, Т.А. Формирование инновационной среды в условиях цифровизации экономики [Текст] / Т.А. Половова, Д.С. Новиков, Е.С. Рахматуллина // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2022. - Т. 12. - № 9-1. - С. 321-330.
8. Рогова, И.А. Особенности управления инновационной деятельностью в туристическом бизнесе [Текст] / И.А. Рогова // Вестник университета. - 2013. - № 9. - С. 82-86.
9. Рыбак, М.В. Совершенствование регулирования международных рынков туристских услуг [Текст] / М.В. Рыбак, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. - 2017. - № 2-2 (79). - С. 702-706.
10. Рыбак, М.В. Структурно-функциональные аспекты развития международного рынка туристских услуг [Текст] / М.В. Рыбак, Е.В. Королева, К.Н. Кичуткина, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. - 2017. - № 12-1 (89). - С. 751-754.
11. Туриянская, М.М. Стратегические аспекты антикризисного управления туристскими предприятиями [Текст] / М.М. Туриянская // Культура народов Причерноморья. - 2012. - № 236. - С. 93-97.
12. Фомичев, Е. Стратегическое управление туристской деятельностью [Текст] / Е. Фомичев // Вестник Института экономики Российской академии наук. - 2008. - № 3. - С. 251-260.
13. Швец, Ю.Ю. Концептуальные подходы к управлению инновационной деятельностью туристического региона [Текст] / Ю.Ю. Швец // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Серия: Технический прогресс и эффективность производства. - 2011. - № 7. - С. 175-179.
14. Mukhlynina, M.M. Economic and legal aspects of environmental protection when using artificial water bodies [Text] / M.M. Mukhlynina, E.I. Shishanova, A.I. Nikiforov, N.E. Ryazanova, K.A. Lebedev // Journal of Environmental Management and Tourism. - 2018. - Vol. 9. - № 3 (27). - P. 633-638.
15. Nikazachenko, A.L. Modern approaches to assess tourism industry-related environment [Text] / A.L. Nikazachenko, E.E. Yudashkina, G.V. Vlasov, V.V. Novikova, K.A. Lebedev // Journal of Environmental Management and Tourism. - 2018. - Vol. 9. - № 2 (26). - P. 298-303.
16. Polovova, T.A. Transformation of traditional competitive advantages of companies within ensuring the economic security [Text] / T.A. Polovova, I.P. Gladilina, M.Y. Pogudaeva, V.V. Kolesnik, Y.V. Gusev // Journal of Advanced Research in Law and Economics. - 2017. - Vol. 8. - № 2. - P. 559-569.

Strategic management of the innovative potential of tourism enterprises

Zamyatina N.A., Tsabolova O.R., Zbarskaya A.V., Tsunaeva Yu.O.

State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the theoretical and practical aspects of strategic management of the innovative potential of tourism enterprises in the context of increasing environmental instability and accelerated digital transformation. The relevance of the study is due to the fact that traditional management models focused on stable markets and predictable consumer behavior cease to ensure the sustainable development of tourism organizations. The authors analyze the content of the category "innovation potential" in relation to the tourism sector, identify its structural components and justify the need to integrate the innovation component into the overall strategy of the enterprise. Special attention is paid to the formation of an innovative environment, the role of digital technologies and organizational and economic mechanisms that ensure the expansion and effective use of innovative resources. The paper summarizes the approaches of Russian researchers to innovation management in the tourism business, and offers an author's interpretation of strategic management of innovation potential, taking into account industry specifics. Based on the analysis of theoretical provisions and empirical observations, the principles of building a strategy focused on the long-term development of a tourism enterprise are formulated.

Keywords: innovation potential, strategic management, tourism enterprise, innovation activity, digital transformation, tourist destination, competitiveness, innovation environment, sustainable development, organizational and economic mechanism.

References

1. Zavalko, N.A. Digital economy and its impact on state and municipal governance [Text] / N.A. Zavalko, O.E. Matyunina, V.O. Kozhina, A.A. Sokolov, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2018. - No. 11 (100). - P. 101-104.
2. Konovalova, E.E. Strategy of innovation activity management of a tourist enterprise [Text] / E.E. Konovalova, O.E. Lebedeva // Service plus. - 2025. - Vol. 19. - No. 1. - P. 151-158.
3. Koroleva, E.V. Improving the management of advertising activities of tourist enterprises [Text] / E.V. Koroleva, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2017. - No. 12-4 (89). - P. 678-681.
4. Morozova, M.A. Innovative approach to tourism destination management [Text] / M.A. Morozova // Science and Business: Ways of Development. - 2016. - No. 7 (61). - P. 59-63.
5. Novikova, N.I. Stages of formation of innovation strategy of a tourist enterprise [Text] / N.I. Novikova // Vector of Economics. - 2020. - No. 2 (44). - P. 35.
6. Pinsky, A.I. Formation of an integrated business concept of enterprises based on product/service value innovation [Text] / A.I. Pinsky, Yu.V. Gusev, T.A. Polovova // ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice. - 2022. - No. 2. - P. 43-58.
7. Polovova, T.A. Formation of an innovative environment in the context of digitalization of the economy [Text] / T.A. Polovova, D.S. Novikov, E.S. Rakhmatullina // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. - 2022. - Vol. 12. - No. 9-1. - P. 321-330.
8. Rogova, I.A. Features of innovation activity management in the tourism business [Text] / I.A. Rogova // University Bulletin. - 2013. - No. 9. - P. 82-86.
9. Rybak, M.V. Improving regulation of international tourism services markets [Text] / M.V. Rybak, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2017. - No. 2-2 (79). - P. 702-706.
10. Rybak, M.V. Structural and functional aspects of the development of the international market of tourism services [Text] / M.V. Rybak, E.V. Koroleva, K.N. Kichutkina, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2017. - No. 12-1 (89). - P. 751-754.
11. Turiyanskaya, M.M. Strategic aspects of anti-crisis management of tourist enterprises [Text] / M.M. Turiyanskaya // Culture of the Peoples of the Black Sea Region. - 2012. - No. 236. - P. 93-97.
12. Fomichev, E. Strategic management of tourism activity [Text] / E. Fomichev // Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. - 2008. - No. 3. - P. 251-260.
13. Shvets, Yu.Yu. Conceptual approaches to managing innovation activity of a tourist region [Text] / Yu.Yu. Shvets // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Technical Progress and Production Efficiency. - 2011. - No. 7. - P. 175-179.
14. Mukhlynina, M.M. Economic and legal aspects of environmental protection when using artificial water bodies [Text] / M.M. Mukhlynina, E.I. Shishanova, A.I. Nikiforov, N.E. Ryazanova, K.A. Lebedev // Journal of Environmental Management and Tourism. - 2018. - Vol. 9. - No. 3 (27). - P. 633-638.
15. Nikazachenko, A.L. Modern approaches to assess tourism industry-related environment [Text] / A.L. Nikazachenko, E.E. Yudashkina, G.V. Vlasov, V.V. Novikova, K.A. Lebedev // Journal of Environmental Management and Tourism. - 2018. - Vol. 9. - No. 2 (26). - P. 298-303.
16. Polovova, T.A. Transformation of traditional competitive advantages of companies within ensuring the economic security [Text] / T.A. Polovova, I.P. Gladilina, M.Y. Pogudaeva, V.V. Kolesnik, Y.V. Gusev // Journal of Advanced Research in Law and Economics. - 2017. - Vol. 8. - No. 2. - P. 559-569.

Методология результативного внедрения искусственного интеллекта в государственном секторе: методологическая группа и этап технического задания

Зинчик Наталья Сергеевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, zinchik.n@unecon.ru,

Ковалев Андрей Евгеньевич
магистрант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, tasmadrey@gmail.com,

Титов Руслан Викторович
кандидат медицинских наук, доцент 2 кафедры (хирургии усовершенствования врачей), Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, rustitov@yandex.ru

Обосновывается тезис о том, что экономическая результативность внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в государственном секторе определяется не столько зрелостью технологии, сколько качеством управленческих решений на предпроектном этапе. ИИ трактуется как инструмент оптимизации трудозатрат и анализа больших массивов данных, а не как средство замещения служащего. Предложена методология результативного внедрения, центральными элементами которой выступают постоянно действующая методологическая группа и этап технического задания (ТЗ). Показано, что наибольший и наиболее предсказуемый эффект при умеренных инфраструктурных затратах дает автоматизация стандартизированных функций, регулируемых четкими правилами и нормами (характерный пример - бухгалтерский и налоговый учет), тогда как научно-исследовательские, творческие и «общедоступные» сценарии ставят острый вопрос об эффективности вложений. Рассмотрены «парадокс высвобожденного времени» и создание общественной ценности. Сделан вывод о необходимости смещения центра тяжести проектов на этап целеполагания и постановки требований.
Ключевые слова: искусственный интеллект, государственный сектор, цифровая трансформация, техническое задание, методологическая группа, оптимизация трудозатрат, большие данные, государственное управление, эффективность.

Введение

Цифровая трансформация государственного управления перешла из разряда стратегических деклараций в практическую плоскость. Развитие технологий искусственного интеллекта закреплено в качестве национального приоритета Указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490, которым утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 года (ред. от 15.02.2024) [1]. С 2025 года соответствующие мероприятия сконцентрированы в национальном проекте «Экономика данных и цифровая трансформация государства» на период 2025–2030 годов [2]. Тем самым сформирован устойчивый государственный запрос на масштабное применение ИИ в деятельности органов власти.

Количественные ожидания значительны: по оценке НИУ ВШЭ, совокупный вклад технологий ИИ в ВВП России к 2030 году может составить порядка 11,6 трлн руб., а к 2035 году - до 46,5 трлн руб. [3]. Однако макроэкономический потенциал реализуется через сумму отдельных внедрений на уровне конкретных ведомств. Именно здесь обнаруживается ключевое противоречие: значительная часть проектов автоматизации не дает измеримой экономии, а нередко увеличивает совокупные издержки за счет дублирования функций, роста расходов на сопровождение и ручной верификации результатов алгоритмов.

Причина противоречия лежит не в технологической плоскости. Современные модели машинного обучения и обработки естественного языка достигли зрелости, достаточной для широкого класса задач государственного управления. Проблема носит управленческий и методологический характер и коренится в предпроектной стадии, где определяются цели внедрения, отбираются автоматизируемые функции и формируются требования. Ошибка целеполагания на этом этапе не исправляется совершенством разработки: качественно исполненная система, решающая экономически бессмысленную задачу, остается убыточной.

Степень разработанности проблемы. Вопросы применения ИИ в государственном управлении активно исследуются: общим перспективам и рискам посвящены работы [7; 8], возможностям повышения эффективности - [9], развитию электронных сервисов - [10], социально-экономическим аспектам - исследования НИУ ВШЭ и МГИМО [3; 6]. Вместе с тем акцент, как правило, смещен на макроэкономический потенциал либо на правовые ограничения, тогда как управленческая и методологическая проблематика предпроектной стадии остается сравнительно слабо разработанной. Настоящая статья призвана восполнить этот пробел.

Цель исследования - обоснование методологии результативного внедрения ИИ в государственном секторе, при которой центр тяжести проекта смещается на этап целеполагания и постановки требований, а состав автоматизируемых функций определяется критерием измеримого экономического эффекта. Задачи: уточнить роль ИИ как инструмента, а не замены человека; разграничить области применения по величине достижимого эффекта; обосновать институт методологической группы; раскрыть роль этапа ТЗ. Научная новизна состоит в комплексном рассмотрении предпроектной стадии как определяющей для экономического результата и в разработке связанного набора инструментов - методологической группы и требований к ТЗ как экономическому документу.

Материалы и методы

Методологическую основу составляют системный, процессный и институциональный подходы к анализу внедрения информационных технологий в государственном управлении. Использованы методы сравнительного анализа нормативно-правовой базы и контент-анализа научной литературы. Нормативной базой послужили Национальная стратегия развития ИИ [1], Федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ [4], ГОСТ 34.602-2020 [5], аналитические материалы НИУ ВШЭ [3] и корпус научных публикаций [6–10]. Опора на ГОСТ 34.602-2020 позволяет рассматривать техническое задание как нормативно закрепленный инструмент фиксации требований и ожидаемого результата.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Искусственный интеллект как инструмент, а не замена человека

Восприятие ИИ как технологии, «заменяющей» работника, является источником систематических ошибок при постановке проектов. Установка на замещение подталкивает заказчика к выбору наиболее сложных, творческих и ответственных функций - тех, которые хуже всего поддаются надежной автоматизации и где цена ошибки максимальна. В результате проект либо не достигает требуемой точности и отвергается пользователями, либо требует столь плотного контроля, что экономия трудозатрат нивелируется.

Более продуктивна трактовка ИИ как инструмента, решающего два класса задач: *оптимизацию трудозатрат* на рутинных, массовых и алгоритмизируемых операциях и *анализ больших массивов данных,* объем и скорость

обработки которых превосходят возможности человека. В первом случае эффект достигается высвобождением рабочего времени служащих от повторяющихся действий (классификация обращений, проверка комплектности документов, извлечение сведений из неструктурированных текстов, подготовка типовых проектов ответов); во втором - выявлением в данных закономерностей, аномалий и рисков, недоступных ручному анализу (адресное выявление признаков нарушений, прогнозирование нагрузки, обнаружение неявных связей в фискальных данных). В обоих случаях ИИ встраивается в деятельность человека, а не вытесняет его: служащий переходит от исполнения операции к контролю и принятию окончательного решения. Модель «человек в контуре» (human-in-the-loop) сохраняет юридическую и этическую ответственность за должностным лицом и соответствует требованиям к объяснимости решений [6]. Продуктивная цель формулируется не как «заменить сотрудника алгоритмом», а как «освободить квалифицированного сотрудника от неквалифицированной работы и усилить его аналитические возможности».

Следует, однако, учитывать *парадокс высвобожденного времени:* с экономической точки зрения оно должно конвертироваться в эффект, но фактически перераспределения труда и создания дополнительной ценности может не происходить. Если генерация работ в организации осуществляется по принципу заполнения рабочего времени, высвобожденное время направляется на избыточную отчетность, новые совещания, имитацию деятельности. Поэтому наряду с задачей оптимизации процессов должны ставиться задачи регламентации трудовых функций и перераспределения труда: совместно с заказчиком формируются карты новых задач, расширяются перечни функций. Без этого экономия фонда оплаты труда в госсекторе с ограниченной штатной численностью и бюджетной сеткой может оказаться неэффективной.

2. Регламентированные функции и открытые задачи: где ИИ дает измеримый эффект

Области применения ИИ неравноценны экономически. Принципиальна граница между стандартизированными функциями, регулируемыми четкими правилами и нормами права, и открытыми задачами творческого, исследовательского или «универсального» характера. Именно принадлежность функции к тому или иному полюсу, а не совершенство модели, предопределяет и величину эффекта, и объем вложений.

Стандартизированные, жестко регламентированные функции дают понятный и измеримый эффект при умеренных инфраструктурных затратах. Характерный пример - бухгалтерский и налоговый учет и сопряженные области: формирование и проверка отчетности, контроль комплектности документов, начисления, сверки, лицензионно-разрешительные операции. Их общее свойство в том, что критерий правильности задан извне и формализован: результат определяется нормой права, стандартом или регламентом и поддается автоматической проверке. Данные структурированы, «эталон» известен, ошибка обнаруживается сопоставлением с правилом, экономия трудозатрат исчисляется напрямую. Для таких задач обычно не требуются дорогие «фронтирные» модели и масштабная вычислительная инфраструктура - эффект достигается сочетанием формализованных правил и обученных на имеющихся данных моделей, а окупаемость предсказуема.

Противоположный полюс - применение ИИ в научно-исследовательских, экспертно-творческих и слабо формализованных областях. Здесь отсутствует внешний формальный критерий правильности: результат трудно проверить, «эталон» не определен нормой, ценность выхода субъективна. При этом такие сценарии предъявляют наиболее высокие требования к вычислительным ресурсам и качеству моделей и требуют значительных, трудно окупаемых вложений. Возникает острый вопрос об эффективности: затраты конкретны и велики, тогда как эффект размыт и не поддается однозначной атрибуции. Это не отказ от ИИ в таких областях, но требование особой осторожности в оценке отдачи и режима пилотирования, а не тиражирования.

Отдельного критического рассмотрения заслуживает сценарий «общего пользования» - развертывание универсального ИИ-ассистента «для всего» без привязки к конкретному регламентированному процессу. Когда инструмент не нацелен на измеримую операцию, эффект перестает быть исчислимым: сэкономленное время «растворяется», обоснование окупаемости становится невозможным, активность подменяется имитацией. Универсальность оборачивается неизмеримостью, а неизмеримость - невозможностью доказать экономическую целесообразность. Измеримый эффект возникает не тогда, когда ИИ доступен всем и на все случаи, а когда он направлен на конкретную массовую функцию с внешним критерием правильности. Приоритет должен отдаваться стандартизированным, нормативно регулируемым и высокочастотным функциям; отраслевые оценки, показывающие концентрацию эффекта в областях с высокой долей формализуемых операций [3], косвенно это подтверждают.

Достижение эффекта зависит не только от качества алгоритмов и сфер применения, но и от *системности* их использования. Закрытость данных между отделами и ведомствами приводит к «лоскутной» автоматизации; при отсутствии данных об архитектуре межведомственного обмена существенно снижается качество подготовки ТЗ. Наконец, для государственных структур драйвером внедрения ИИ, помимо явного экономического эффекта, служит создание *общественной (социальной) ценности.* Она формируется во внешнем контуре - через сокращение издержек граждан и бизнеса при получении услуг и повышение адресности поддержки - и во внутреннем - через рост лояльности сотрудников за счет снижения монотонности труда и когнитивной усталости, оптимизации времени на документацию и отчетность, воспринимаемую как обременение.

3. Методологическая группа как институт результативного внедрения

Ключевым организационным условием результативного внедрения выступает постоянно действующая *методологическая группа* - междисциплинарный коллектив, отвечающий за предпроектную подготовку и методологическое сопровождение проектов ИИ. В отличие от проектной команды, создаваемой под конкретную разработку, группа носит постоянный характер и аккумулирует компетенции целеполагания, отбора функций, постановки требований и оценки эффекта.

Необходимость института обусловлена характером предпроектных ошибок. Заказчик хорошо знает свой процесс, но не владеет представлением о границах применимости ИИ; разработчик компетентен в технологиях, но не отвечает за экономическую целесообразность и заинтересован в реализуемости, а не в эффективности. В этом разрыве компетенций и ответственности систематически рождаются проекты, технически исполнимые, но экономически бессмысленные. Методологическая группа закрывает разрыв, выступая переводчиком между управленческой задачей и техническим решением.

Рациональный состав группы включает *методолога-предметника* (логика функции и нормативные требования), *аналитика процессов* (декомпозиция функции и измерение трудоемкости), *специалиста по данным* (наличие, качество, правовой режим данных), *экономиста* (расчет эффекта и обоснование затрат) и *специалиста по правовым и этическим требованиям* (ограничения законодательства о персональных данных, режим экспериментальных правовых режимов [4]). Деятельность группы целесообразно организовать как воспроизводимую процедуру: инвентаризация функций и оценка их трудоемкости; предварительный отбор и приоритизация функций-кандидатов; аудит данных; предварительный расчет эффекта и бизнес-обоснование, отсекающее убыточные инициативы; разработка ТЗ с фиксацией измеримых целевых показателей; контроль фактического достижения показателей после ввода в эксплуатацию. Такая последовательность формирует замкнутый управленческий контур, где каждый последующий проект использует накопленные данные о трудоемкости и фактических эффектах.

Методологическая группа не подменяет ни заказчика, ни разработчика. Заказчик остается носителем содержания государственной функции и владельцем целевых показателей; разработчик отвечает за реализацию в пределах утвержденного ТЗ. Группа обеспечивает корректность перехода от управленческой задачи к техническому решению и отвечает за качество этого перехода - за то, что автоматизируется действительно нужная функция, реализуемая на имеющихся данных, а ожидаемый эффект обоснован и измерим.

4. Этап технического задания как точка формирования экономического эффекта

Центральным продуктом деятельности методологической группы является техническое задание. Именно на этапе ТЗ, а не на этапе разработки, предопределяется экономический результат: разработка лишь реализует заказанное, и если заказана функция, не создающая измеримой ценности, никакое качество исполнения не сделает проект окупаемым. Техническое задание следует рассматривать как экономический документ, фиксирующий не только технические требования, но и целевую модель эффекта.

ГОСТ 34.602-2020 задает структуру ТЗ на создание автоматизированной системы, включая разделы о назначении и целях, требованиях к системе, характеристиках объекта автоматизации и порядке контроля и приемки [5]. Практическая проблема в том, что в проектах ИИ разделы о целях и требованиях заполняются формально, тогда как именно они должны содержать количественно измеримые целевые показатели. Требование «система должна автоматизировать обработку обращений» неверифицируемо; требование «сокращать среднее время обработки типового обращения с X до Y минут при доле автоматически обработанных обращений не менее Z%» задает измеримый результат, относительно которого рассчитывается эффект и осуществляется приемка.

Особенность ТЗ для систем на основе ИИ - вероятностный характер результата. Алгоритм не гарантирует стопроцентной точности, поэтому в ТЗ должны фиксироваться целевые метрики качества модели (точность, полнота, доля ошибок) с допустимыми порогами; требования к составу, объему и качеству обучающих данных; регламент передачи решения человеку при уверенности модели ниже порога; требования к объяснимости и протоколированию. Отсутствие этих требований перекладывает риски низкого качества на стадию эксплуатации, где их устранение обходится многократно дороже. Если целевые показатели зафиксированы количественно, приемка становится объективной; при формальном ТЗ она сводится к проверке факта поставки, и убыточное решение попадает в эксплуатацию. Инвестиции в проработку ТЗ наиболее рентабельны в жизненном цикле проекта, поэтому предлагаемая методология рассматривает этап ТЗ как центральный.

Выводы

Экономическая результативность внедрения ИИ в государственном секторе определяется преимущественно качеством предпроектных управленческих решений, а не зрелостью технологии; центр тяжести проектов должен быть смещен на этап целеполагания и постановки требований.

Продуктивна трактовка ИИ как инструмента оптимизации трудозатрат и анализа больших данных при сохранении человека в контуре, а не как средства замещения служащего; при этом эффект достигается лишь при сопутствующем перераспределении труда, снимающем «парадокс высвобожденного времени».

Наибольший и наиболее предсказуемый эффект при умеренных инфраструктурных затратах дает автоматизация стандартизированных, нормативно регулируемых функций (бухгалтерский и налоговый учет), тогда как исследовательские, творческие и «общедоступные» сценарии ставят острый вопрос об эффективности вложений.

Необходимым организационным условием выступает постоянно действующая методологическая группа, а этап технического задания следует рассматривать как экономический документ, фиксирующий измеримую целевую модель эффекта. Механизм количественной оценки этого эффекта, включая критерии отбора функций и модель расчета, рассматривается во второй части исследования.

Литература

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») // СПС «КонсультантПлюс». - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (дата обращения: 17.09.2026).
2. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (2025–2030) : офиц. сайт Правительства Российской Федерации. - URL: http://government.ru/rugovclassifier/923/about/ (дата обращения: 17.09.2026).
3. Дранев Ю. Я., Кучин И. И., Миряков М. И. Экономический эффект от внедрения технологий искусственного интеллекта в России: аналитический доклад / Институт статистических исследований и экономики знаний. - Москва: НИУ ВШЭ, 2025. - URL: https://issek.hse.ru/news/1022068478.html (дата обращения: 17.09.2026).
4. Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ (ред. от 31.07.2025) // Официальный интернет-портал правовой информации. - URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310024 (дата обращения: 17.09.2026).
5. ГОСТ 34.602-2020. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. - Москва: Стандартинформ, 2020. - 22 с.
6. Еремин А. В., Еремин Е. В., Полякова К. Д., Федоров М. В. Социально-экономические аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта: Часть 2 - Искусственный интеллект в государственном управлении // Исследования в цифровой экономике. - 2023. - № 2. - С. 6–74. (дата обращения: 17.09.2026).
7. Искусственный интеллект в государственном секторе: синергетический эффект и системные риски // КиберЛенинка: научная электронная библиотека. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-sektore-sinergeticheskiy-effekt-i-sistemnye-riski (дата обращения: 17.09.2026).
8. Искусственный интеллект в государственном управлении: проблемы внедрения в Российской Федерации // КиберЛенинка: научная электронная библиотека. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-upravlenii-problemy-vnedreniya-v-rossiyskoy-federatsii (дата обращения: 17.09.2026).
9. Искусственный интеллект как инструмент повышения эффективности государственного управления // КиберЛенинка: научная электронная библиотека. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya (дата обращения: 17.09.2026).
10. Внедрение искусственного интеллекта в электронные государственные сервисы: анализ и перспективы развития // КиберЛенинка: научная электронная библиотека. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-iskusstvennogo-intellekta-v-elektronnye-gosudarstvennye-servisy-analiz-i-perspektivy-razvitiya (дата обращения: 17.09.2026).

A methodology for the effective adoption of artificial intelligence in the public sector: the methodological group and the technical specification

Zinchik N.S., Kovalev A.E., Titov R.V.

Saint Petersburg State University of Economics, S.M. Kirov Military Medical Academy

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The paper argues that the economic effectiveness of artificial intelligence (AI) adoption in the public sector is determined not so much by the maturity of the technology as by the quality of managerial decisions at the pre-project stage. AI is treated as a tool for optimising labour costs and analysing large data arrays rather than a means of replacing the civil servant. A methodology for effective adoption is proposed, centred on a standing methodological group and the technical specification (TS) stage. It is shown that the greatest and most predictable effect at moderate infrastructure cost is achieved by automating standardised functions governed by clear rules and regulations (accounting and tax reporting being a typical example), whereas research, creative and «general-purpose» scenarios raise an acute question of the efficiency of investment. The «freed-time paradox» and the creation of public value are considered. It is concluded that the centre of gravity of projects must shift to goal-setting and requirements definition.

Keywords: artificial intelligence, public sector, digital transformation, technical specification, methodological group, labour cost optimisation, big data, public administration, efficiency.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 490 of October 10, 2019 “On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation” (as amended on February 15, 2024), incl. the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence until 2030. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (accessed 17.09.2026).
2. National Project “Data Economy and Digital Transformation of the State” (2025–2030). Official website of the Government of the Russian Federation. Available at: http://government.ru/rugovclassifier/923/about/ (accessed 17.09.2026).
3. Dranev Yu. Ya., Kuchin I. I., Miryakov M. I. The Economic Effect of the Adoption of Artificial Intelligence Technologies in Russia: analytical report. Moscow, HSE University, ISSEK, 2025. Available at: https://issek.hse.ru/news/1022068478.html (accessed 17.09.2026).
4. Federal Law No. 258-FZ of July 31, 2020 “On Experimental Legal Regimes in the Sphere of Digital Innovations in the Russian Federation” (as amended on 31.07.2025). Official Internet Portal of Legal Information. Available at: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310024 (accessed 17.09.2026).
5. GOST 34.602-2020. Information Technology. Set of Standards for Automated Systems. Technical Specification for the Creation of an Automated System. Moscow, Standartinform, 2020. 22 p.
6. Eremin A. V., Eremin E. V., Polyakova K. D., Fedorov M. V. Socio-economic Aspects of the Adoption of Artificial Intelligence Technologies: Part 2 - Artificial Intelligence in Public Administration. Issledovaniya v tsifrovoi ekonomike, 2023, no. 2, pp. 6–74. DOI: 10.24833/14511791-2023-2-6-74.
7. Artificial Intelligence in the Public Sector: Synergetic Effect and Systemic Risks. CyberLeninka. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-sektore-sinergeticheskiy-effekt-i-sistemnye-riski (accessed 17.09.2026).
8. Artificial Intelligence in Public Administration: Problems of Implementation in the Russian Federation. CyberLeninka. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-upravlenii-problemy-vnedreniya-v-rossiyskoy-federatsii (accessed 17.09.2026).
9. Artificial Intelligence as a Tool for Improving the Efficiency of Public Administration. CyberLeninka. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya (accessed 17.09.2026).
10. Adoption of Artificial Intelligence in Electronic Public Services: Analysis and Development Prospects. CyberLeninka. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-iskusstvennogo-intellekta-v-elektronnye-gosudarstvennye-servisy-analiz-i-perspektivy-razvitiya (accessed 17.09.2026).

Оценка экономического эффекта внедрения искусственного интеллекта в государственном секторе: критерии отбора функций и модель расчета

Зинчик Наталья Сергеевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, zinchik.n@unecon.ru,

Ковалев Андрей Евгеньевич
магистрант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, tasmadrey@gmail.com,

Титова Ирина Геннадьевна
генеральный директор, ООО «М-Фарма», iratitova18@yandex.ru

В статье предложен методологический подход расчета экономического эффекта внедрения искусственного интеллекта, сформирован механизм количественной оценки экономического эффекта внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в государственном секторе. Предложена система критериев отбора функций, передаваемых ИИ, по признаку измеримого эффекта, и разработана модель оценки чистого дисконтированного эффекта, объединяющая четыре составляющие: оптимизацию трудозатрат, качественную составляющую (снижение доли ошибок), дополнительный эффект от перераспределения труда с коэффициентом использования высвобожденного времени и социальный эффект внешнего и внутреннего контура. Приведен числовой пример и обоснована необходимость аудита реального уровня ошибок. Показано, что все параметры модели задаются на этапе технического задания, а расчетные соотношения представляют собой адаптацию известных методов (расчет экономии трудозатрат и метод чистого дисконтированного дохода); авторский вклад - в системе параметров и составе учитываемых эффектов.
Ключевые слова: искусственный интеллект, экономический эффект, оценка эффективности, государственный сектор, трудозатраты, социальный эффект, техническое задание.

Введение

Развитие искусственного интеллекта закреплено как национальный приоритет Указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 [1], а его потенциальный вклад в ВВП России к 2030 году оценивается НИУ ВШЭ порядка 11,6 трлн руб. [2]. Реализация этого потенциала на уровне ведомств упирается в отсутствие надежного механизма оценки: значительная часть проектов автоматизации внедряется без доказанного экономического обоснования, а «эффект» декларируется, но не измеряется.

Данная работа посвящена механизму количественной оценки экономического эффекта. Цель - разработать систему критериев отбора автоматизируемых функций и модель расчета эффекта, пригодную для обоснования и приемки проектов ИИ в государственном секторе. Научная новизна состоит в построении комплексной модели чистого дисконтированного эффекта, объединяющей оптимизационную, качественную, перераспределительную и социальную составляющие и увязывающей их параметры с этапом ТЗ.

Материалы и методы

Использованы процессный подход и элементы экономико-математического моделирования. Методической базой послужили ГОСТ 34.602-2020 [3], Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [5], материалы НИУ ВШЭ [2] и исследования социально-экономических аспектов внедрения ИИ [6]. Расчетные соотношения не являются авторскими – это адаптация известных методов (расчет экономии трудозатрат и метод чистого дисконтированного дохода) к задаче внедрения ИИ; авторский вклад состоит в системе параметров, задаваемых на этапе ТЗ, и в составе учитываемых эффектов.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Критерии отбора функций для передачи искусственному интеллекту

Отбор функций, передаваемых ИИ, предлагается вести по системе критериев, отражающих одновременно техническую реализуемость и экономическую целесообразность. Функция признается приоритетной только при одновременном удовлетворении критериев обеих групп (таблица 1).

Таблица 1
Критерии отбора функций для передачи искусственному интеллекту

Группа	Критерий	Содержание
Реализуемость	Наличие и качество данных	Есть накопленные структурированные/размеченные данные достаточного объема
	Алгоритмизируемость	Операция допускает формализацию правил либо обучение на примерах
	Допустимость ошибки	Цена единичной ошибки приемлема при наличии контроля человека
Экономическая целесообразность	Массовость и повторяемость	Операция выполняется в большом объеме и регулярно
	Измеримость трудозатрат	Трудоемкость поддается измерению до и после внедрения
	Положительный чистый эффект	Экономия за жизненный цикл превышает затраты на внедрение и эксплуатацию

Источник: составлено автором.

Для практической приоритизации критерии сводятся к интегральной балльной оценке (каждый критерий - по шкале от 0 до 3 баллов, с приоритетом критериев экономической целесообразности); к разработке ТЗ принимаются функции, преодолевающие минимальный порог по реализуемости и обеспечивающие положительный ожидаемый эффект. Столь же важно очертить круг функций, которые не следует передавать ИИ: единичные и нерегулярные операции; решения, существенно затрагивающие права граждан, без человека в контуре; задачи без данных приемлемого качества; операции, где цена ошибки непропорциональна экономии. Осознанный отказ от их автоматизации - такой же результат работы методологической группы, как и решение о внедрении.

2. Модель оценки измеримого экономического эффекта

Предлагается модель оценки чистого дисконтированного эффекта за жизненный цикл системы, опирающаяся на общепринятые подходы - расчет экономии от снижения трудозатрат и метод чистого дисконтированного дохода [5]. Базовый годовой эффект от оптимизации трудозатрат определяется как разность высвобождаемых затрат труда и затрат на эксплуатацию:

$$Э_год = (T_0 - T_1) \times N \times C - З_экспл\ ,$$

где T_0 и T_1 - средняя трудоемкость операции до и после внедрения ИИ (человеко-часы); N - годовой объем операций; C - стоимость человеко-часа с

учетом начислений; З_экспл - годовые затраты на эксплуатацию и сопровождение (инфраструктура, лицензии, мониторинг качества модели, труд контролирующих служащих).

Применение ИИ может также снижать долю ошибок сотрудников. В этом случае прямой эффект складывается из оптимизационной и *качественной составляющих:*

$$Э_год = [\,(T_0 - T_1) \times N \times C + (M_0 - M_1) \times N \times Cm\,] - З_экспл\,,$$

где M_0 и M_1 - доля ошибок (человеческих, машинных) до и после внедрения; Cm - средняя стоимость устранения одной ошибки (штрафы, судебные иски, переделка документации, репутационные потери). Высокая доля ошибок характерна для высокочастотных массовых операций, например маршрутизации обращений граждан; учитываются те ошибки и отклонения, которые несут экономический ущерб (так, ошибочная блокировка счета добросовестного налогоплательщика влечет затраты на суды и компенсации).

Официальная статистика ошибок до внедрения часто занижена, так как подразделения не заинтересованы фиксировать собственные ошибки. Поэтому на этапе предпроектного аудита методологическая группа должна верифицировать данные - сравнить репрезентативную выборку архивных документов и независимой экспертизой выявить реальный уровень ошибок, закладываемый в ТЗ. Стоимость ошибки складывается из прямых потерь государства (недоначисленные налоги, штрафы) и затрат на исправление, которые не создают добавленной стоимости; репутационные издержки могут оцениваться через стоимость PR-кампаний по восстановлению доверия.

При достижении не прямого, а дополнительного эффекта от перераспределения труда рассчитывается *дополнительный эффект:*

$$Э_доп = Т_высв \times N \times (С_нов - С_ст) \times К_исп - З_экспл\,,$$

где Т_высв - высвободившееся рабочее время; С_нов и С_ст - стоимость норма-часа сотрудника на новых и на прежних видах работ; К_исп - коэффициент использования высвобожденного времени (от 0 до 1). Если сотрудника не перевели на новые задачи и не обеспечили его вовлечение, К_исп стремится к нулю, и дополнительный эффект не достигается - но не по вине ИИ, а вследствие недостаточной организации процессов внедрения со стороны заказчика. Это количественно выражает «парадокс высвобожденного времени».

В зависимости от специфики государственной структуры может учитываться *социальный эффект* в виде монетизации общественной ценности, нередко определяющей эффективность функционирования органа власти:

$$Э_соц = Э_соц.внеш + Э_соц.внутр = (V_гр \times N \times \Delta T_ож) + N_шт \times (К_тек_0 - К_тек_1) \times (З_найм + З_адапт)\,,$$

где V_гр - стоимость часа времени гражданина или бизнеса (может определяться по макроэкономическим данным о средней заработной плате в регионе); ΔТ_ож - сокращение времени ожидания услуги; N_шт - среднесписочная численность подразделения; $К_тек_0$ и $К_тек_1$ - коэффициент текучести кадров до и после внедрения; З_найм - средние затраты на привлечение и оформление нового сотрудника; З_адапт - затраты на его первичное обучение и наставничество. Поскольку новый сотрудник в первые 3–6 месяцев выходит на неполную производительность при полной оплате труда, может вводиться дополнительная корректировка по производительности.

Так как внедрение требует единовременных капитальных вложений, а эффект распределен во времени, итоговая оценка учитывает дисконтирование по классической формуле чистого дисконтированного дохода [5]:

$$ЧДЭ = \Sigma\,[\,(Э_год(t) + Э_доп(t) + Э_соц(t)) / (1 + r)^t\,] - К\,,$$

где r - ставка дисконтирования; К - единовременные затраты на создание и ввод системы в эксплуатацию. Проект признается экономически обоснованным при положительном ЧДЭ; при сравнении альтернатив предпочтение отдается варианту с наибольшим значением показателя на единицу вложений.

Для иллюстрации рассмотрим автоматизацию первичной обработки типовых обращений граждан. Пусть N = 200 000 обращений в год, трудоемкость ручной обработки T_0 = 0,5 человеко-часа, а после внедрения ИИ (классификация, извлечение данных, подготовка проекта ответа) остаточная трудоемкость T_1 = 0,15 человеко-часа. При С = 600 руб. валовая экономия составляет (0,5 − 0,15) × 200 000 × 600 = 42 млн руб. в год; при З_экспл = 12 млн руб. годовой эффект Э_год = 30 млн руб. Если К = 40 млн руб., горизонт - три года, ставка 15%, чистый дисконтированный эффект положителен (около 28,5 млн руб.), а простой срок окупаемости - менее полутора лет. Решающее влияние оказывают именно задаваемые в ТЗ параметры - целевая трудоемкость T_1 и доля автоматически обрабатываемых обращений.

Модель чувствительна к доле автоматизации: снижение доли автоматически обрабатываемых обращений или рост ручной верификации увеличивают T_1 и уменьшают эффект вплоть до его обнуления. Поэтому целевые метрики качества, зафиксированные в ТЗ, - не технический, а экономический параметр. Все параметры модели (T_1, N, метрики качества, К_исп) задаются на этапе ТЗ как целевые значения, что увязывает отбор функций по критерию эффекта, фиксацию показателей в ТЗ и контроль их достижения.

3. Риски и ограничения

Модель не устраняет рисков, а переводит их в управляемую плоскость. Первое ограничение - качество и доступность данных: без данных приемлемого объема и качества задача нереализуема, поэтому аудит данных предшествует разработке ТЗ. Второе - деградация качества модели во времени (дрейф данных): показавшая целевую точность при приемке модель может утратить ее в эксплуатации, что требует закладывать затраты на мониторинг и переобучение. Третье - правовые и этические ограничения: обработка персональных данных должна соответствовать законодательству, апробация может вестись в режиме экспериментальных правовых режимов, а сохранение человека в контуре обеспечивает обжалование и персональную ответственность. Четвертое - корректность исходных оценок трудоемкости, объемов и уровня ошибок: их искажение деформирует обоснование, поэтому фактические показатели верифицируются по итогам эксплуатации и используются для калибровки расчетов. Синергетический эффект применения ИИ в госсекторе достижим лишь при управляемом, а не стихийном внедрении [4].

Выводы

Во-первых, отбор автоматизируемых функций целесообразно вести по системе критериев реализуемости и экономической целесообразности с интегральной балльной приоритизацией и осознанным отказом от функций, автоматизация которых не окупается.

Во-вторых, предложенная модель чистого дисконтированного эффекта объединяет четыре составляющие - оптимизацию трудозатрат, качественную составляющую (снижение доли ошибок), дополнительный эффект от перераспределения труда с коэффициентом использования высвобожденного времени и социальный эффект внешнего и внутреннего контура, - что делает оценку более полной и устойчивой к «парадоксу высвобожденного времени».

В-третьих, расчетные соотношения являются адаптацией известных методов; авторский вклад состоит в системе параметров, задаваемых на этапе ТЗ, и в составе учитываемых эффектов, что превращает оценку эффекта из последующей констатации в проверяемое проектное требование.

В-четвертых, ключевым условием достоверности оценки является предпроектный аудит реального уровня ошибок и качества данных, проводимый методологической группой. Совокупно с методологическим подходом, изложенным в первой части исследования, предложенный механизм оценки образует целостную методологию перехода от «витринной» цифровизации к экономически обоснованной автоматизации государственных функций.

Литература

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») // СПС «КонсультантПлюс». - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (дата обращения: 17.09.2026).
2. Дранев Ю. Я., Кучин И. И., Миряков М. И. Экономический эффект от внедрения технологий искусственного интеллекта в России : аналитический доклад / Институт статистических исследований и экономики знаний. - Москва : НИУ ВШЭ, 2025. - URL: https://issek.hse.ru/news/1022068478.html (дата обращения: 17.09.2026).
3. ГОСТ 34.602-2020. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. - Москва : Стандартинформ, 2020. - 22 с.
4. Искусственный интеллект в государственном секторе: синергетический эффект и системные риски // КиберЛенинка : научная электронная библиотека. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-sektore-sinergeticheskiy-effekt-i-sistemnye-riski (дата обращения: 17.09.2026).
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов : утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № ВК 477. - Москва : Экономика, 2000. - 421 с.
6. Еремин А. В., Еремин Е. В., Полякова К. Д., Федоров М. В. Социально-экономические аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта: Часть 2 - Искусственный интеллект в государственном управлении // Исследования в цифровой экономике. - 2023. - № 2. - С. 6–74. - DOI: 10.24833/14511791-2023-2-6-74.

Assessing the economic effect of artificial intelligence adoption in the public sector: function selection criteria and a calculation model

Zinchik N.S., Kovalev A.E., Titova I.G.

St. Petersburg State University of Economics, M-Pharma LLC

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article proposes a methodological approach to calculating the economic effect of implementing artificial intelligence, and develops a mechanism for quantitatively assessing the economic effect of implementing artificial intelligence (AI) in the public sector. A system of criteria for selecting functions to be transferred to AI based on measurable effects is proposed, and a model for assessing the net discounted effect is developed, combining four components: optimization of labor costs, a qualitative component (reducing the share of errors), an additional effect from the redistribution of labor with a coefficient of utilization of the freed time, and the social effect of the external and internal circuits. A numerical example is provided, and the necessity of auditing the actual error rate is substantiated. It is shown that all model parameters are set at the stage of the technical specification, and the calculation relationships represent an adaptation of

well-known methods (calculation of labor cost savings and the net discounted income method); the author's contribution lies in the system.

Keywords: artificial intelligence, economic effect, efficiency assessment, public sector, labor costs, social effect, technical specification.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 490 of October 10, 2019 "On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation" (as amended on February 15, 2024), incl. the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence until 2030. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (accessed 17.09.2026).
2. Dranev Yu. Ya., Kuchin I. I., Miryakov M. I. The Economic Effect of the Adoption of Artificial Intelligence Technologies in Russia: analytical report. Moscow, HSE University, ISSEK, 2025. Available at: https://issek.hse.ru/news/1022068478.html (accessed 17.09.2026).
3. GOST 34.602-2020. Information Technology. Set of Standards for Automated Systems. Technical Specification for the Creation of an Automated System. Moscow, Standartinform, 2020. 22 p.
4. Artificial Intelligence in the Public Sector: Synergetic Effect and Systemic Risks. CyberLeninka. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-gosudarstvennom-sektore-sinergeticheskiy-effekt-i-sistemnye-riski (accessed 17.09.2026).
5. Guidelines for Assessing the Efficiency of Investment Projects: approved by the Ministry of Economy, the Ministry of Finance and the State Committee for Construction, Architectural and Housing Policy of the Russian Federation on June 21, 1999, No. VK 477. Moscow, Ekonomika, 2000. 421 p.
6. Eremin A. V., Eremin E. V., Polyakova K. D., Fedorov M. V. Socio-economic Aspects of the Adoption of Artificial Intelligence Technologies: Part 2 - Artificial Intelligence in Public Administration. Issledovaniya v tsifrovoi ekonomike, 2023, no. 2, pp. 6–74. DOI: 10.24833/14511791-2023-2-6-74.

Ограничения социально-экономического развития национальной экономики в условиях глобальной трансформации: природа и формы проявления

Злотников Максим Сергеевич
доцент кафедры торгового дела и маркетинга, Институт Торговли и сферы услуг, Сибирский федеральный университет, zulinkot@mail.ru

В статье исследуется природа ограничений социально-экономического развития национальной экономики в условиях глобальной трансформации. Ограничения рассматриваются как устойчивые препятствия воспроизводственному расширению, возникающие при взаимодействии внешних изменений и внутренних структурных свойств. Разграничены внешние, внутренние и сопряженные ограничения. Внешние связаны с изменением рынков, цен, логистики, финансирования, технологического доступа и международных правил; внутренние — с состоянием реального сектора, накоплений и инвестиций, внешней торговли, человеческого капитала, технологий и сырьевой обеспеченности; сопряженные возникают, когда внешний импульс усиливает уже существующее внутреннее узкое место. Систематизированы формы ограничений по источнику, длительности, масштабу и механизму передачи. Показано, что ограничение необходимо диагностировать по его способности устойчиво снижать наполненность и согласованность воспроизводственных блоков, препятствовать внутреннему закреплению положительных эффектов и сужать пространство экономической политики. Подход опирается на шестиблочную модель и эмпирическую базу 77 национальных экономик за 1992–2024 годы.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие, ограничения развития, национальная экономика, глобальная трансформация, воспроизводственная система, структурные диспропорции, узкие места, экономическая политика, устойчивость, суверенитет.

Введение

В периоды качественного изменения мировой хозяйственной среды национальные экономики одновременно адаптируются к новым торговым, финансовым, технологическим и институциональным условиям и преодолевают собственные структурные диспропорции. Поэтому ограничение развития нельзя сводить к недостатку одного ресурса или ухудшению отдельного показателя: оно становится системным препятствием, когда блокирует передачу положительного импульса между взаимосвязанными элементами экономики.

В литературе ограничения связываются с дефицитом капитала, технологическим отставанием, институциональными барьерами, демографическими проблемами, структурной несбалансированностью и внешними шоками [1–6]. В условиях глобальной трансформации эти направления требуют единой воспроизводственной интерпретации, поскольку один и тот же внешний фактор может быть нейтральным для экономики с развитой внутренней базой и критическим для системы с дефицитным соответствующим блоком. Цель статьи — раскрыть природу ограничений социально-экономического развития, классифицировать их и показать механизмы межблоковой передачи и закрепления.

Ограничение развития как экономическая категория

Ограничением социально-экономического развития является фактор или совокупность факторов, устойчиво уменьшающих способность национальной экономики к простому и расширенному воспроизводству. Его признаки — воспроизводственный эффект, сохранение или регулярное повторение во времени и влияние на последующий цикл развития. Кратковременное снижение экспорта или инвестиций само по себе не является ограничением, если компенсируется резервами, переориентацией рынков или внутренним спросом.

Системный подход трактует ограничение как нарушение связи между элементами [7], а исследования структурных сдвигов показывают, что устойчивый дисбаланс способен сдерживать рост при наличии ресурсов в других частях системы [8]. Поэтому критичным является не максимальный дефицит сам по себе, а его положение в сети межблоковых связей. Ресурсный недостаток может временно восполняться импортом или кредитом; структурное ограничение сохраняется, пока не изменена внутренняя способность преобразовывать ресурс в результат.

Открытая воспроизводственная система и двойственная природа ограничений

Национальная экономика одновременно опирается на внутренние источники роста и включена в глобальное пространство рынков, капитала, технологий, человеческих ресурсов и институтов. Внешняя среда определяет доступ к спросу, финансированию, оборудованию, знаниям, логистике, платежной инфраструктуре и международным стандартам, однако экономический эффект возникает только после прохождения внешнего изменения через национальные институты, предприятия и воспроизводственные блоки.

Поэтому одинаковый мировой шок формирует неодинаковые последствия. Рост процентных ставок особенно значим при высокой зависимости инвестиций от внешнего кредитования, технологические ограничения — при импортозависимом оборудовании и слабой исследовательской базе, а изменение мировых цен — при узкой экспортной специализации. Источник ограничения может находиться во внешней среде, но механизм его закрепления складывается внутри страны; внутренний дефицит, напротив, нередко становится заметным после прекращения внешней компенсации.

Классификация ограничений социально-экономического развития

Критерий	Вид ограничения	Экономическое содержание	Типичная форма проявления
По источнику	Внешнее	Формируется за пределами национальной системы управления	Изменение цен, рынков, логистики, капитала, технологий, международных правил
По источнику	Внутреннее	Возникает из состояния собственной воспроизводственной структуры	Дефицит инвестиций, слабый реальный сектор, технологический разрыв, кадровое ограничение
По источнику	Сопряженное	Возникает при взаимодействии внешнего импульса и внутреннего узкого места	Внешний шок усиливает уже существующую структурную диспропорцию

Критерий	Вид ограничения	Экономическое содержание	Типичная форма проявления
По длительности	Краткосрочное	Ограничивает текущий цикл, но может быть компенсировано резервами	Временный логистический сбой, краткий спад спроса
По длительности	Структурное	Сохраняется на нескольких циклах воспроизводства	Хронический дефицит технологий, инвестиций или кадров
По масштабу	Локальное	Сосредоточено в одном блоке	Дефицит конкретной инфраструктуры
По масштабу	Системное	Передается между несколькими блоками	Инвестиционный спад, вызывающий технологическое и производственное отставание
По механизму	Ресурсное	Сокращает доступный объем ресурсов	Недостаток капитала, сырья, кадров
По механизму	Институциональное	Повышает издержки преобразования ресурсов в результат	Неопределенность правил, слабость координации, регуляторные барьеры
По механизму	Структурное	Нарушает пропорции и межблоковые связи	Устойчивое отставание одного блока от остальных

Классификация разграничивает внешние, внутренние и сопряженные ограничения, а также краткосрочные и структурные, локальные и системные, ресурсные, институциональные и структурные формы. Границы между ними подвижны: краткосрочный внешний шок становится структурным при затяжной адаптации, а внутреннее ограничение приобретает системный характер при передаче на соседние блоки.

Шесть воспроизводственных блоков как пространство проявления ограничений

Воспроизводственная структура включает реальный сектор, накопления и инвестиции, внешнюю торговлю и платежный баланс, человеческий капитал, технологии и сырьевую обеспеченность. Реальный сектор становится ограничивающим при слабой глубине производства, низкой производительности и высокой импортной зависимости. Инвестиционный блок ограничивает развитие при недостатке долгосрочного капитала и высокой стоимости финансирования; его межблоковая роль особенно велика, поскольку инвестиционный дефицит тормозит обновление технологий, инфраструктуры и мощностей [9].

Внешняя торговля создает ограничение при концентрации рынков, товаров, валют и расчетных систем; положительный торговый баланс сам по себе не устраняет проблему, если доходы слабо закрепляются во внутренних инвестициях. Человеческий капитал ограничивает развитие через дефицит квалификаций, демографическое сжатие и несоответствие образовательной структуры спросу производства, причем эффект отличается длинным лагом [10]. Технологический блок становится узким местом при слабой способности создавать, осваивать и тиражировать решения; ограниченный внешний доступ тогда быстро передается в реальный сектор и снижает производительность [11].

Сырьевая обеспеченность имеет двойственный эффект. Недостаток ресурсов непосредственно ограничивает выпуск, но избыток сырьевого потенциала также способен закреплять структурную инерцию, если высокая рентабельность добывающих отраслей концентрирует капитал и труд и замедляет развитие переработки. Следовательно, качество связи между блоками важнее изолированного уровня каждого из них.

Внешние ограничения в условиях глобальной трансформации

Глобальная трансформация формирует ограничения через изменение мировой структуры спроса, финансовые циклы, расчеты, логистику, экспортный контроль, санкционные меры, технологическую конкуренцию, экологическое регулирование и институциональную перестройку. Торговые ограничения сначала воздействуют на внешнюю торговлю, но через прибыль и бюджет передаются в инвестиции, производство и человеческий капитал. Исследования санкционного давления показывают, что устойчивость зависит от способности предприятий и отраслей перестраивать поставки и рынки [12, 13].

Финансовые ограничения проявляются в удорожании капитала, ограничении внешнего финансирования и росте расчетных рисков; действуя быстро, они формируют длительный инвестиционный разрыв. Трансграничное движение капитала одновременно является источником финансирования и каналом передачи нестабильности [14]. Технологические ограничения затрагивают оборудование, программные решения, знания и исследовательские сети, а институциональные и экологические требования повышают издержки адаптации, одновременно создавая стимул к модернизации [15].

Основные внешние ограничения, первичные каналы и формы внутреннего проявления представлены в таблице 2.

Внутренние и сопряженные ограничения

Внутренние ограничения способны воспроизводиться без непосредственного внешнего шока. Слабый реальный сектор может длительно компенсироваться импортом, недостаточная технологическая база — доступностью внешних решений, дефицит капитала — международным финансированием. Когда пространство внешней компенсации сокращается, скрытая внутренняя слабость становится явной.

Таблица 2

Внешнее ограничение	Первичный канал	Затрагиваемые блоки	Форма внутреннего проявления
Сокращение внешнего спроса	Экспортные рынки	Внешняя торговля; реальный сектор	Снижение выручки, загрузки мощностей, прибыли и инвестиций
Рост стоимости капитала	Мировая финансовая система	Накопления и инвестиции; реальный сектор	Удорожание кредита, перенос проектов, снижение обновления капитала
Логистические разрывы	Транспортные маршруты и инфраструктура	Внешняя торговля; реальный сектор; технологии	Рост сроков и издержек, перебои поставок компонентов
Технологические ограничения	Экспортный контроль, санкции, лицензионные режимы	Технологии; реальный сектор	Замедление модернизации, рост зависимости от альтернативных поставщиков
Миграционные изменения	Трансграничная мобильность населения	Человеческий капитал; реальный сектор	Дефицит квалификаций или изменение структуры рынка труда
Экологические стандарты	Международные нормы и рынки	Реальный сектор; технологии; сырьевая обеспеченность	Рост капитальных затрат, изменение конкурентоспособности экспорта
Изменение платежной инфраструктуры	Валюты и международные расчеты	Внешняя торговля; накопления и инвестиции	Рост транзакционных издержек и расчетных рисков

Самовоспроизводство основано на обратных связях: недостаток инвестиций снижает технологическое обновление, что уменьшает производительность и прибыль и сокращает внутренние источники накопления; дефицит человеческого капитала снижает отдачу технологических вложений; слабый реальный сектор уменьшает спрос на квалифицированный труд. Такие циклы поддерживают траекторную зависимость и устойчивое распределение ресурсов в пользу уже сильных блоков [16].

Формы проявления ограничений в динамике социально-экономического развития представлены в таблице 3.

Таблица 3

Форма проявления	Экономическое содержание	Диагностический признак	Риск для развития
Снижение общего уровня	Падение совокупной результативности воспроизводственной системы	Устойчивое ухудшение интегральной оценки	Сжатие возможностей расширенного воспроизводства
Концентрированное узкое место	Глубокий дефицит одного блока	Сильное отрицательное отклонение блока от равновесного профиля	Блокирование потенциала остальных компонентов
Двухконтурное ограничение	Одновременный дефицит двух взаимосвязанных блоков	Высокая совместная доля двух слабых компонентов	Возникновение самоподдерживающегося цикла
Равномерный дефицит	Низкие значения большинства блоков без единственного доминирующего провала	Низкая наполненность при сравнительно ровной конфигурации	Недостаток общего воспроизводственного потенциала
Структурная асимметрия	Сочетание сильных и слабых блоков	Высокий разброс нормированных блоковых значений	Неустойчивость передачи положительных импульсов
Внешняя компенсация	Высокая роль внешних потоков при слабой внутренней базе	Внешняя включенность опережает внутреннюю обеспеченность	Зависимость результата от сохранения внешних условий
Инерционное ограничение	Сохранение слабого блока после улучшения внешней среды	Медленное восстановление блока относительно остальных	Закрепление долгосрочного отставания

Формы проявления включают общее снижение воспроизводственной результативности, концентрированное узкое место, двухконтурное ограничение, равномерный дефицит, структурную асимметрию, внешнюю компенсацию и инерционное ограничение. Они различаются не только глубиной отклонения, но и способом передачи: один фактор может формировать несколько диспропорций, а одна наблюдаемая диспропорция — быть итогом нескольких ограничений.

Ограничения, структурные диспропорции и временные лаги

Ограничение обозначает причинный фактор, сдерживающий воспроизводство, а структурная диспропорция — наблюдаемую несоразмерность между блоками. Инвестиционное ограничение сначала проявляется в накоп-

лениях, затем через лаг снижает технологическую обеспеченность и производительность; демографическое ограничение последовательно отражается в человеческом капитале, инвестиционной привлекательности, издержках и внутреннем спросе. Поэтому минимальное значение блока не обязательно указывает на первичную причину.

Скорость действия ограничений различается. Торговые и финансовые факторы изменяют показатели в течение короткого периода, тогда как мощности, инфраструктура, технологии и человеческий капитал перестраиваются медленнее. Краткосрочная компенсация может одновременно усиливать долгосрочный разрыв, если, например, поддержание текущего потребления сопровождается устойчивым сокращением инвестиций. Ограничение становится структурным, когда отрицательное отклонение сохраняется после нормализации исходного внешнего фактора или требует длительного накопления ресурсов для восстановления.

Диагностические критерии и направления ослабления ограничений

Для разграничения устойчивого ограничения и нормальной волатильности используются четыре взаимосвязанных признака: сохранение или повторяемость отклонения, межблоковая передача, снижение согласованности и зависимость результата от внешней компенсации. Количественная модель показывает, где возникает отклонение, а причинный анализ устанавливает движение товаров, капитала, людей, знаний, технологий и ренты между блоками.

Тип ограничения	Ключевой признак	Основной объект воздействия	Логика ослабления
Производственное	Низкая способность внутреннего выпуска реагировать на спрос	Реальный сектор	Расширение производственных цепочек, инфраструктуры и внутренней добавленной стоимости
Инвестиционное	Недостаток долгосрочного капитала и высокий разрыв обновления	Накопления и инвестиции	Формирование внутренних источников накопления и снижение стоимости финансирования
Внешнеторговое	Высокая концентрация рынков и товарной структуры	Внешняя торговля и платежный баланс	Диверсификация рынков, расчетов и номенклатуры экспорта
Кадровое	Дефицит компетенций, демографическое сжатие	Человеческий капитал	Долгосрочное воспроизводство квалификаций и территориальная мобильность
Технологическое	Зависимость критических процессов от внешних решений	Технологии	Создание и освоение критических технологий, научная и инфраструктурная база
Ресурсно-структурное	Высокая концентрация доходов в сырьевом контуре	Сырьевая обеспеченность + реальный сектор	Перевод ресурсных доходов в переработку, технологии и инвестиции
Институциональное	Высокие издержки координации и неопределенность правил	Институциональная среда всех блоков	Стабилизация правил, согласование стимулов, повышение предсказуемости политики

Экономическая политика должна различать устранение ограничения и компенсацию его последствий. Субсидии могут сгладить рост издержек, но не устранить технологическую зависимость; резервы поддерживают платежи, но не создают внутреннего источника накопления. Приоритетным является адресное воздействие на механизм: соединение финансирования с компетенциями, диверсификация рынков вместе с изменением товарной структуры, а при кадровом дефиците — сочетание финансовых стимулов с подготовкой и территориальной мобильностью. Системность не означает равного финансирования всех блоков: приоритет получает звено с наибольшим межблоковым эффектом.

Изменение иерархии ограничений и эмпирическая интерпретация

Глобальная трансформация меняет иерархию узких мест. Доступность внешнего капитала может долго маскировать дефицит внутреннего накопления, а открытый технологический обмен — недостаток собственных компетенций; при изменении финансовых и технологических условий эти зависимости быстро становятся критическими. Поэтому оценка должна быть динамической и учитывать возможное превращение торгового или логистического ограничения в производственное и инвестиционное.

Эмпирическая база исследования включает 77 национальных экономик за 1992–2024 годы и 71 показатель, распределенный по шести блокам. Межстрановое сравнение показывает, что одинаковая интегральная оценка способна сочетаться с различными внутренними конфигурациями: концентрированным провалом, общим дефицитом либо сильной внешней включенностью при слабой внутренней базе. Профильный анализ поэтому должен сочетать интегральный уровень с конфигурацией блоков и динамикой переходов между состояниями.

Для российской экономики диссертационная интерпретация связывает существенное ограничение с асимметрией между ресурсной базой и возможностями внутреннего производственного ядра. Внешние изменения цен, рынков, логистики и технологического доступа взаимодействуют с внутренней структурой; устойчивый результат требует преобразования ресурсных доходов в инвестиции, технологии, расширение реального сектора и межрегиональную связность.

Обсуждение результатов

Предлагаемый подход объединяет ресурсные дефициты, внешние шоки, институциональные барьеры и структурные диспропорции через их влияние на воспроизводственные блоки и связи между ними. Теоретически важно разграничение источника и механизма: внешний фактор становится ограничением национального развития, когда снижает способность конкретного блока выполнять функцию или усиливает внутреннее узкое место; внутренний дефицит может оставаться скрытым при внешней компенсации. Выделение сопряженных ограничений объясняет неодинаковую реакцию стран и позволяет перейти от общего перечня рисков к адресной диагностике блока входа, канала передачи, временного лага и необходимого корректирующего воздействия.

Заключение

Ограничения социально-экономического развития в условиях глобальной трансформации имеют системную воспроизводственную природу. Они различаются по источнику, длительности, масштабу и механизму передачи. Внешние ограничения связаны с рынками, ценами, логистикой, финансированием, технологиями и международными правилами; внутренние — с состоянием шести воспроизводственных блоков; сопряженные возникают, когда внешний импульс усиливает уже существующее узкое место.

Ограничение следует отличать от временного неблагоприятного отклонения. Его признаки — устойчивость, межблоковая передача, ухудшение согласованности, воспроизводство отрицательного эффекта и зависимость результата от внешней компенсации. Поэтому диагностика должна сочетать количественную оценку конфигурации блоков с восстановлением причинного механизма и учетом временных лагов.

Глобальная трансформация изменяет иерархию ограничений: зависимости, ранее компенсировавшиеся внешними ресурсами и рынками, способны быстро становиться критическими. Регулирование должно укреплять внутренние воспроизводственные связи, способность закреплять положительные внешние импульсы и снижать чувствительность к внешним ограничениям, ориентируясь не на минимальный показатель как таковой, а на доминирующее узкое место и его системный эффект.

Литература

1. Аганбегян А. Г. Социально-экономическое развитие России, анализ и прогноз // Проблемы прогнозирования. 2014. № 4. С. 3–16.
2. Аузан А. А. Развитие и колея зависимости // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 10. С. 96–105.
3. Блохин А. А., Сергеев Ю. В. Различия в адаптации отраслевого российского бизнеса разного размера к внешним шокам // Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук. 2024. Т. 22. № 1. С. 26–43.
4. Бодрунов С. Д. Переход к перспективному технологическому укладу, анализ с позиции концепций НИО.2 и ноономики // Экономическое возрождение России. 2018. № 3 (57). С. 5–12.
5. Волошин А. В. Сценарии развития социально-экономической системы в условиях глобальной трансформации // Вестник Сургутского государственного университета. 2023. Т. 11. № 3 (41). С. 30–43.
6. Волошин А. В. Тренды, вызовы и угрозы глобальной трансформации в развитии социально-экономической системы // Экономика и управление инновациями. 2023. № 1 (24). С. 34–49.
7. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ. 3-е изд. Москва: Юрайт, 2024. 562 с.
8. Демченко С. К., Юдина М. А. Структурные сдвиги и проблемы экономического роста национальной экономики // Проблемы современной экономики. 2014. № 2 (50). С. 96–99.
9. Иванова Н. Н. Внутренние источники финансирования инвестиций в реальный сектор российской экономики // Экономические и социальные проблемы России. 2001. № 3. С. 37–63.
10. Гасанов М. А. О., Гузырь В. В., Волкова А. Л., Потягайлов С. В. Развитие инновационного человеческого капитала в системе структурных сдвигов экономики // Векторы благополучия. Экономика и социум. 2022. Т. 45. № 2. С. 168–178.
11. Гунина И. А., Шкарупета Е. В., Решетов В. В. Прорывное технологическое развитие промышленных комплексов в условиях цифровой трансформации // Инновационные кластеры цифровой экономики. Санкт-Петербург, 2018. С. 535–554.
12. Долженко Р. А., Назаров А. В. Социально-экономическое развитие страны в контексте санкционного давления // Экономическое развитие России. 2023. № 5.

13. Жиронкин С. А., Доценко Е. Ю., Алешина О. Г. Методология постиндустриальной экономики и неоиндустриального развития в условиях шоков // Векторы благополучия. Экономика и социум. 2022. Т. 47. № 4.
14. Головнин М. Ю. Трансграничное движение капитала в России, перспективы трансформации внутренней и географической структуры // Финансы. Теория и практика. 2020. Т. 24. № 6. С. 161–173.
15. Земцов С., Баринова В., Кидяева В., Ланьшина Т. Экологическая эффективность и устойчивое развитие регионов России за двадцатилетие сырьевого роста // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. С. 18–47.
16. Клейнер Г. Б. Системная реконструкция российского социально-экономического пространства // Экономическое возрождение России. 2020. № 2 (64). С. 59–69.
17. Глазьев С. Ю. О вызовах экономическому развитию России и Евразийского экономического союза в условиях структурных изменений Мир-Системы // Век глобализации. 2024. № 4 (52). С. 3–19.
18. Зубарев А. В., Кириллова М. А. Исследование чувствительности стран — членов Евразийского экономического союза к внешним шокам при помощи модели GVAR // Экономическое развитие России. 2023. № 7. С. 8–20.
19. Комков Н. И., Сутягин В. В., Усманова Т. Х. Согласование экономических и социальных факторов развития // Большая Евразия. Развитие, безопасность, сотрудничество. 2023. № 6-1.
20. Король С. П. Системный подход к планированию и реализации социально-экономического развития // Креативная экономика. 2020. Т. 14. № 12. С. 3169–3186.

Limitations of socio-economic development of the national economy in the context of global transformation: nature and forms of manifestation

Zlotnikov M.S.
Siberian Federal University, zulinkot@mail.ru

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the nature of restrictions on the socio-economic development of the national economy in the context of global transformation. Restrictions are considered as stable obstacles to reproductive expansion that arise from the interaction of external changes and internal structural properties. External, internal and associated restrictions are distinguished. External ones are related to changes in markets, prices, logistics, financing, technological access and international regulations; internal - with the state of the real sector, savings and investments, foreign trade, human capital, technology and raw material supply; conjugates occur when an external impulse reinforces an already existing internal bottleneck. The forms of restrictions on source, duration, scale and transmission mechanism are systematized. It is shown that a limitation must be diagnosed by its ability to steadily reduce the fullness and consistency of reproduction blocks, prevent the internal consolidation of positive effects and narrow the space of economic policy. The approach is based on a six-block model and an empirical base of 77 national economies for 1992–2024.

Keywords: socio-economic development, development restrictions, national economy, global transformation, reproductive system, structural imbalances, bottlenecks, economic policy, sustainability, sovereignty.

References

1. Aganbegyan A. G. Socio-economic development of Russia: analysis and forecast // Studies on Russian Economic Development. 2014. No. 4. P. 3–16.
2. Auzan A. A. Development and path dependence // World Economy and International Relations. 2017. Vol. 61. No. 10. P. 96–105.
3. Blokhin A. A., Sergeev Yu. V. Differences in the adaptation of Russian businesses of various sizes to external shocks // Scientific Works of the Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2024. Vol. 22. No. 1. P. 26–43.
4. Bodrunov S. D. Transition to a prospective technological paradigm: analysis based on the concepts of NIO.2 and noonomics // Economic Revival of Russia. 2018. No. 3 (57). P. 5–12.
5. Voloshin A. V. Scenarios for the development of the socio-economic system amidst global transformation // Bulletin of Surgut State University. 2023. Vol. 11. No. 3 (41). P. 30–43.
6. Voloshin A. V. Trends, challenges, and threats of global transformation in the development of the socio-economic system // Economics and Innovation Management. 2023. No. 1 (24). P. 34–49.
7. Volkova V. N., Denisov A. A. Systems theory and systems analysis. 3rd ed. Moscow: Yurayt, 2024. 562 p. 8. Demchenko S. K., Yudina M. A. Structural shifts and economic growth issues of the national economy // Problems of Modern Economics. 2014. No. 2 (50). Pp. 96–99.
9. Ivanova N. N. Internal sources of investment financing for the real sector of the Russian economy // Economic and Social Problems of Russia. 2001. No. 3. Pp. 37–63.
10. Gasanov M. A. O., Guzyr V. V., Volkova A. L., Potyagaylov S. V. Development of innovative human capital within the system of economic structural shifts // Vectors of Well-being: Economy and Society. 2022. Vol. 45. No. 2. Pp. 168–178.
11. Gunina I. A., Shkarupeta E. V., Reshetov V. V. Breakthrough technological development of industrial complexes amidst digital transformation // Innovative Clusters of the Digital Economy. St. Petersburg, 2018. Pp. 535–554.
12. Dolzhenko R. A., Nazarov A. V. Socio-economic development of the country in the context of sanctions pressure // Economic Development of Russia. 2023. No. 5.
13. Zhironkin S. A., Dotsenko E. Yu., Aleshina O. G. Methodology of the post-industrial economy and neo-industrial development amidst shocks // Vectors of Well-being: Economy and Society. 2022. Vol. 47. No. 4.
14. Golovnin M. Yu. Cross-border capital flows in Russia: prospects for transforming domestic and geographic structures // Finance. Theory and Practice. 2020. Vol. 24. No. 6. Pp. 161–173.
15. Zemtsov S., Barinova V., Kidyaeva V., Lanshina T. Environmental Efficiency and Sustainable Development of Russian Regions During Two Decades of Commodity-Driven Growth // Economic Policy. 2020. Vol. 15. No. 2. Pp. 18–47.
16. Kleiner G. B. Systemic Reconstruction of Russia's Socio-Economic Space // Economic Revival of Russia. 2020. No. 2 (64). Pp. 59–69.
17. Glazyev S. Yu. On Challenges to the Economic Development of Russia and the Eurasian Economic Union Amidst Structural Changes in the World-System // Age of Globalization. 2024. No. 4 (52). Pp. 3–19.
18. Zubarev A. V., Kirillova M. A. Analyzing the Sensitivity of Eurasian Economic Union Member States to External Shocks Using a GVAR Model // Economic Development of Russia. 2023. No. 7. Pp. 8–20.
19. Komkov N. I., Sutyagin V. V., Usmanova T. Kh. Aligning Economic and Social Development Factors // Greater Eurasia: Development, Security, Cooperation. 2023. No. 6-1.
20. Korol S. P. A Systems Approach to Planning and Implementing Socio-Economic Development // Creative Economy. 2020. Vol. 14. No. 12. Pp. 3169–3186.

Теоретико-методологические основы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса в условиях трансформации региональных социально-экономических систем

Зубрыкина Марина Владимировна
канд. экон. наук, доцент кафедры экономики предприятия, Донецкий институт управления - филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, zubrykina-mv@ranepa.ru,

Лошинская Елена Николаевна
канд. гос. упр., доцент, доцент кафедры экономики предприятия, Донецкий институт управления - филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,

Городничая Екатерина Владимировна
канд. экон. наук, доцент кафедры экономики предприятия, Донецкий институт управления - филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, gorodnichaya-ev@ranepa.ru

В статье рассматриваются теоретические и нормативно-правовые аспекты формирования системы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса (МСБ) в условиях перехода экономики к инновационной модели развития. Обосновывается необходимость комплексного подхода, объединяющего целевой, инструментальный и интеграционный методы. Анализируются федеральные законы и подзаконные акты, определяющие институциональные рамки наблюдения за сектором МСП. Приводятся ключевые стадии внедрения мониторинговой системы и схема организации процесса мониторинга.
Ключевые слова: малый и средний бизнес, мониторинг, методология, государственное регулирование, нормативно-правовое обеспечение, инновационное развитие.

Финансирование: «Данная статья подготовлена в рамках государственного задания РАНХиГС»

Введение

Разработка системы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса (МСБ, МСП) необходима для решения экономических, социальных и технологических проблем, связанных с трансформацией региональных социально-экономических систем и перехода экономики к инновационной модели развития. МСБ считается основой эффективной рыночной системы, главным источником создания рабочих мест, новых идей и конкурентного разнообразия, но данный сектор экономики очень подвержен влиянию внешней инфраструктуры. В условиях макроэкономической неустойчивости, изменчивости международных логистических цепей и быстрого перехода рынков в цифровую форму требуется непрерывное наблюдение и мониторинг за ситуацией в бизнес-среде. Традиционные статистические подходы, основанные на периодических опросах и отчетах, не способны отражать изменения и локальные трудности, поэтому формируется нечеткая и устарелая информация между действительными процессами МСБ и теми сведениями, которые используются для выбора стратегии на более высоких уровнях управления. Система мониторинга, объединяющая сведения из разных источников - от налоговых и контролирующих учреждений до банковских сервисов и онлайн-платформ - способна устранить этот пробел. Данная система помогает обнаруживать не только эффективные и развивающиеся направления, но также компании, находящиеся в кризисной ситуации, конкретные препятствия в отдельных сферах и областях, что дает возможность проводить предупреждающую политику, цель которой - избежать закрытия фирм и сохранить занятость. Параллельно растет потребность в более рациональном использовании бюджетных средств, выделяемых на поддержку МСБ. При недостатке финансов государственные меры поддержки должны быть направлены от общих программ помощи к локальным, data-driven инструментам. Без данных мониторинга государственные меры поддержки часто становятся набором несвязанных, плохо организованных шагов, итог которых трудно определить и проанализировать.

Нормативно-правовая база мониторинга

Мониторинг за состоянием и динамикой сектора малого и среднего бизнеса в России осуществляется посредством разветвленной, многоступенчатой системы законодательных норм, которая не только устанавливает круг явлений, подлежащих анализу и контролю, но также закрепляет перечень ответственных сторон, применяемые инструменты и ключевые задачи такого наблюдения.

Основополагающую роль играет Федеральный закон от 24 июля 2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» [1]. В данном законе зафиксированы основополагающие определения, включая количественные признаки для отнесения компаний к субъектам МСБ (по среднесписочной численности персонала и максимальным показателям дохода либо стоимости активов), а также главные ориентиры государственной политики в этой сфере. Статьей 14 настоящего закона закрепляется необходимость проведения анализа состояния и условий предпринимательства, включая мониторинг реализации мероприятий государственной поддержки. Закон формирует концептуальную основу для всех наблюдательных процедур.

Отдельные аспекты развития МСП, требующие наблюдения, регулируются профильными законами. Например, мониторинг инновационных процессов в предпринимательской среде базируется на положениях Федерального закона № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», принятого 23 августа 1996 года. Оценка вовлеченности МСБ в procurement (что служит ключевым показателем его встраивания в экономическую систему) осуществляется согласно нормам закона № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» от 18 июля 2011 года, а также, в особенности, закона № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 5 апреля 2013 года. Последний законодательный акт закрепляет специальные квоты и льготные условия для предприятий, относящихся к категории МСБ.

Ключевым актом, определяющим институциональные рамки для комплексной оценки состояния бизнес-среды, включая сектор МСП, является Указ Президента РФ от 21 сентября 2022 года № 647 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации» [2]. В соответствии с ним формируются документы стратегического планирования, в которых определен мониторинг реализации, включая достижения конкретных показателей: по численности занятых в МСП, объему их оборота и другим параметрам, является обязательным элементом государственного управления.

Обзор научных исследований

Тема создания систем отслеживания работы и роста предприятий поднималась в трудах многих исследователей. К примеру, Д.В. Филиппов в своей работе [3, с. 252] опубликовал теоретические и практические наработки по созданию рейтинга для оценки развития малого и среднего бизнеса. В.А. Рахаев в своем исследовании [4, с. 14] описал методику анализа финансового положения и кредитных возможностей малых предприятий, которые ведут как обычный, так и упрощенный бухгалтерский учет. Коллектив авторов в лице Ю.И. Селиверстова, А.А. Рудычева и Ю.А. Дмитриева [5, с. 532] предложил критерий для оценки цифрового потенциала, включающий наличие цифрового драйвера и производственно-экономические возможности. К.И. Курпаяниди [6] затронул вопросы оценки условий для ведения предпринимательской деятельности. Ю.В. Вертакова [7, с. 26] доказывает, что различные системы мониторинга носят комплексный научно-практический характер, и говорит о необходимости создать единую эффективную систему наблюдения. Тем не менее, текущая система мониторинга [8, с. 736] работы малого и среднего бизнеса не охватывает весь спектр показателей, которые связаны с изменениями региональных социально-экономических систем и переходом экономики на инновационный путь.

Цель научной работы - исследование и обоснование методологических подходов к анализу источников информации для мониторинга деятельности предприятий малого и среднего бизнеса.

Научной новизной исследования является разработка эффективной системы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса с учетом перехода экономики к инновационной модели развития.

В качестве **гипотезы** выдвигается тезис о том, что анализ и укрепление устойчивости субъектов малого и среднего бизнеса возможны при комплексном задействовании структурного, ресурсного, процессного и функционального методов. Это основывается на методологии согласования интересов всех участников (стейкхолдеров), влияющих на социально-экономическое развитие территорий, а также на совокупности механизмов реализации данной методологии, включая как общие инструменты, так и специальные меры поддержки устойчивости МСП.

Методологические подходы и стадии мониторинга

Мониторинговая система, будучи информационно-аналитическим инструментом, позволяет отслеживать динамику в секторе МСБ, анализировать ее и своевременно фиксировать последствия влияния разнообразных внешних условий. Главная задача мониторинга состояния малого и среднего бизнеса заключается в обеспечении возможности в реальном времени: проводить объективный анализ оценку главных тенденций в его развитии; накапливать информацию о текущем положении дел в секторе, его развитии и возможных сдвигах; своевременно анализировать и определять приоритетные направления развития МСБ, привязывая их к мерам государственного регулирования.

Систему мониторинга за социально-экономическим положением региона возможно переориентировать на контроль за субъектами МСБ. В основу мониторинга необходимо определить три основных подхода:

целевой подход - мониторинг рассматривается как инструментарий, нацеленный на выполнение четких задач и отвечающий конкретным потребностям в информации со стороны специалистов-аналитиков и управленцев;

инструментальный подход - мониторинг понимается как практическое применение комплексного арсенала различных приемов и методов с целью сбора и дальнейшей обработки данных;

интеграционный подход - мониторинг представляет собой результат преобразования типовых функций управления и информационного сопровождения, включая в себя компоненты статистики, экономического анализа и прогнозирования.

К числу ключевых стадий внедрения системы мониторинга МСБ можно отнести: выделение и отбор для наблюдения отдельных социально-экономических явлений; проектирование и разработка плана процедур мониторинга; практическая реализация запланированных мероприятий и их проведение; оценка эффективности и качества построенной системы наблюдения; составление заключительного отчета; осуществлять деятельность по совершенствованию и оптимизации мониторинга. Ключевые вопросы построения системы мониторинга деятельности малого и среднего бизнеса отображены в таблице 1.

Схема организации процесса мониторинга. Систематическое и качественное наблюдение за сектором МСБ служит базовым условием для формирования эффективных мер экономического регулирования. Для этого необходимо сформировать комплексный, многоступенчатый механизм, который регистрирует не только статистические данные, но и анализирует структурные трансформации, препятствия и потенциал развития. Эта концепция основывается на четкой взаимосвязи пяти основных компонентов.

Составлено на основе данных источника 9.

Начальный компонент - регулирование в области норм и методик, где закрепляются целевые ориентиры, направления работы и основные показатели наблюдения. Данные цели должны быть согласованы с ключевыми программами развития МСБ, например, с национальным проектом «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». Без строгих методических основ все дальнейшие действия становятся неэффективными и несопоставимыми.

Таблица 1

Основные аспекты организации системы мониторинга деятельности МСБ

Показатели мониторинга	Характеристика
Цель	Снабжение управленческих структур полной, актуальной и достоверной информацией о трансформациях в секторе МСБ.
Локальные цели	Определение текущих и перспективных тенденций в развитии малого и среднего предпринимательства. Улучшение оценочных методик и механизмов, а также реализация необходимых корректирующих действий.
Задачи	Организация и оценка, системный анализ полученной информации, определение факторов, вызывающих тот или иной характер протекания экономических процессов в секторе МСБ. Разработка прогноза развития сектора МСБ.
Основные принципы организации	Экономичность. Целенаправленность. Периодичность. Сопоставимость.

Следующий, основной компонент - работа с информацией и ее анализ. Задача этого компонента - объединение разнородных данных, их проверка и приведение к единому стандарту и формированию интегральных индикаторов. На конечном этапе создается постоянно актуализируемый аналитический портал (dashboard).

Третий компонент - оценка и глубокий анализ. На этой стадии подготовленные материалы изучаются детально экспертами и аналитическими группами. Определяются зависимости, оценивается продуктивность действующих мер поддержки, строятся возможные пути развития. Результатом деятельности этого компонента являются не только общие отчеты, но и аналитические материалы, прогнозные оценки и практические предложения для институтов власти.

Четвертый компонент - принятие управленческих мер и организация обратного взаимодействия. Готовые аналитические итоги и предложения направляются в соответствующие министерства и агентства (Минэкономразвития России, Минфин России, Банк России). На их основе адаптируются текущие и создаются новые механизмы государственного регулирования: поправки в налоговом и административном законодательстве, условия кредитных программ, векторы развития инфраструктуры. Крайне важным аспектом является завершение цикла обратной связи: принятые решения сами становятся предметом дальнейшего наблюдения для определения их фактического результата.

Пятый, вспомогательный компонент - координация и технологическая основа. Он включает разделение обязанностей между федеральными и региональными институтами власти, назначение ответственного координатора всей системы (как правило, Минэкономразвития России), создание совещательных органов с участием деловых и экспертных кругов.

Таким образом, концепция организации мониторинга за деятельностью МСБ представляет собой постоянный циклический механизм: от определения целей и получения данных к детальному анализу, формированию решений и контролю их эффективности. Стабильность и продуктивность этой схемы непосредственно влияют на возможность государства не просто реагировать, но действительно и целенаправленно укреплять один из важнейших сегментов современной экономики. Схема организации процесса мониторинга деятельности МСБ РФ представлена на рисунке 1.

Составлено автором.



Рис. 1. Схема организации процесса мониторинга деятельности МСБ РФ

Выводы. В дальнейшем научном исследовании на основании схемы организации процесса мониторинга необходимо обоснование системы мониторинга по следующим направлениям: основные показатели деятельности МСБ, в том числе, финансовой и в сфере финансового лизинга, инвестиционная и инновационная активность, научная и международная деятельность, цифровизация и поддержка МСБ со стороны государства.

Литература

1. Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007 N 209-ФЗ (последняя редакция). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/ (дата обращения 09.08.2026).
2. Указ Президента РФ от 21.09.2022 N 647 «Об объявлении частичной мобилизации в Российской Федерации». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426999/ (дата обращения 19.08.2026).
3. Филиппов Д.В. Методика оценки уровня развития предпринимательства в регионе // Государственное управление. Электронный вестник. – 2013. – № 36. – С. 252-262.
4. Рахаев В.А. Особенности оценки финансового состояния и кредитоспособности субъектов малого предпринимательства // Казанский экономический вестник. – 2019. – № 4(42). – С. 12-19.
5. Селиверстов Ю.И., Рудычев А.А., Дмитриев Ю.И. Цифровая трансформация бизнеса субъектами малого и среднего предпринимательства как фактор роста конкурентоспособности. – URL: https://s.vaael.ru/pdf/2020/11-3/1459.pdf (дата обращения 10.09.2026).
6. Курпаяниди К.И. К вопросам оценки эффективности предпринимательства в рейтинге Forbes «Лучшие страны для бизнеса» // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 193-202.
7. Вертакова Ю.В., Положенцева Ю.С., Клевцова М.Г. Реализация инновационного подхода к мониторингу траекторий социально-экономического развития региона // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2014. – № 2. – С. 26-35.
8. Буров В.Ю. Формирование и проведение мониторинга состояния малого предпринимательства на региональном уровне // Известия Байкальского государственного университета. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 731-738.
9. Правительство РФ. Постановление от 16 июля 2009 года N 584 «Об уведомительном порядке начала осуществления отдельных видов предпринимательской деятельности». – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501765 (дата обращения 16.09.2026).

Theoretical and methodological foundations of monitoring the activities of small and medium-sized businesses in the context of the transformation of regional socio-economic systems

Zubrykina M.V., Loshinskaya E.N., Gorodnichaya E.V.
Donetsk Institute of Management - a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration" (RANEPA)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the theoretical and regulatory-legal aspects of forming a system for monitoring the activities of small and medium-sized businesses (SMBs) in the context of the economy's transition to an innovative development model. The necessity of an integrated approach combining target-oriented, instrumental, and integration methods is substantiated. Federal laws and subordinate legislative acts defining the institutional framework for monitoring the SME sector are analyzed. The key stages of implementing the monitoring system and a scheme for organizing the monitoring process are presented.

Keywords: small and medium-sized businesses, monitoring, methodology, state regulation, regulatory and legal support, innovative development.
The article was written on the basis of the RANEPA state assignment research programme.

References

1. Federal Law "On the Development of Small and Medium-Sized Entrepreneurship in the Russian Federation" No. 209-FZ of 24.07.2007 (latest revision). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/ (accessed 09.08.2026).
2. Decree of the President of the Russian Federation No. 647 of 21.09.2022 "On the Announcement of Partial Mobilization in the Russian Federation". – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426999/ (accessed 19.08.2026).
3. Filippov D.V. Methodology for Assessing the Level of Entrepreneurship Development in a Region // Public Administration. Electronic Bulletin. – 2013. – No. 36. – Pp. 252-262.
4. Rakhaev V.A. Specific Features of Assessing the Financial Condition and Creditworthiness of Small Business Entities // Kazan Economic Bulletin. – 2019. – No. 4(42). – Pp. 12-19.
5. Seliverstov Yu.I., Rudychev A.A., Dmitriev Yu.I. Digital Transformation of Business by Small and Medium-Sized Entrepreneurship Entities as a Factor of Competitiveness Growth. – URL: https://s.vaael.ru/pdf/2020/11-3/1459.pdf (accessed 10.09.2026).
6. Kurpayanidi K.I. On the Issues of Assessing the Effectiveness of Entrepreneurship in the Forbes Ranking "Best Countries for Business" // Bulletin of Science and Practice. – 2018. – Vol. 4, No. 3. – Pp. 193-202.
7. Vertakova Yu.V., Polozhentseva Yu.S., Klevtsova M.G. Implementation of an Innovative Approach to Monitoring the Trajectories of Socio-Economic Development of a Region // Proceedings of the South-West State University. Series: Economics. Sociology. Management. – 2014. – No. 2. – Pp. 26-35.
8. Burov V.Yu. Formation and Conduct of Monitoring the State of Small Entrepreneurship at the Regional Level // Proceedings of Baikal State University. – 2021. – Vol. 26, No. 5. – Pp. 731-738.
9. Government of the Russian Federation. Resolution No. 584 of July 16, 2009 "On the Notification Procedure for Commencing Certain Types of Entrepreneurial Activity". – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501765 (accessed 16.09.2026).

Оценка сбалансированности развития Владимирской области на основе вариативных статистических методов

Козлов Дмитрий Андреевич
кандидат экономических наук, Директор Института экономики и туризма, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, kozlov_da@rambler.ru

В статье представлена оценка сбалансированности социально-экономического развития Владимирской области, выполненная на основе вариативных (дисперсионных) статистических методов — в отличие от авторских информационно-энтропийных подходов, применяемых в ряде современных исследований. Информационную базу составили официальные данные Росстата, Владимирстата, Банка России и рейтингового агентства «РИА Рейтинг» за 2019–2025 гг.

Рассчитан коэффициент вариации по совокупности среднегодовых темпов прироста показателей экономической, инновационной и социально-демографической составляющих региона; проведена перекрестная проверка результата с независимым интегральным рейтингом социально-экономического положения региона. Установлено значительное превышение темпов роста кредитования малого и среднего бизнеса и разработки передовых технологий над динамикой численности населения и интегрального рейтинга региона, что выражается в высоком значении коэффициента вариации (свыше 100%) и свидетельствует о выраженной диспропорции между экономической динамикой региона и его демографическо-рейтинговой базой.

Полученные результаты могут быть использованы органами регионального управления для обоснования мер, направленных на согласование темпов экономического роста с демографической и социальной динамикой региона. Отдельно рассмотрены ограничения примененных вариативных методов, связанные с фрагментарностью статистической базы, в том числе по экологической подсистеме региона.

Ключевые слова: региональная экономика, сбалансированность, Владимирская область, коэффициент вариации, интегральный рейтинг, социально-экономическое развитие.

Актуальность исследования

Оценка сбалансированности регионального развития остается одной из ключевых задач региональной экономической политики, однако практическое применение сложных информационно-энтропийных и байесовских моделей [1; 3] зачастую затруднено ограниченной статистической базой на уровне отдельного региона и требует специализированного методического аппарата. В связи с этим сохраняет актуальность применение более простых, вариативных статистических методов, основанных на сопоставлении темпов изменения показателей различных подсистем региона, которые доступны для регулярного использования органами регионального управления без привлечения дополнительного методического инструментария.

Владимирская область представляет собой показательный объект подобной оценки: по данным «РИА Рейтинг», регион относится к группе «середняков» по интегральному социально-экономическому положению и на протяжении 2024-2025 гг. демонстрирует снижение позиции в рейтинге на фоне продолжающейся многолетней убыли населения, при одновременно опережающих темпах роста отдельных экономических и инновационных показателей [4; 6; 9]. Подобное сочетание разнонаправленной динамики делает регион удобным примером для иллюстрации диагностических возможностей вариативных методов оценки сбалансированности.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является оценка сбалансированности социально-экономического развития Владимирской области на основе вариативных статистических методов.

В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- систематизировать доступные статистические показатели экономической, инновационной и социально-демографической составляющих развития региона за 2019-2025 гг.;
- рассчитать коэффициент вариации по совокупности среднегодовых темпов прироста рассмотренных показателей;
- провести перекрестную проверку полученного результата с независимым интегральным рейтингом социально-экономического положения региона.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенный подход может быть воспроизведен органами регионального управления на регулярной основе для мониторинга сбалансированности развития региона без обращения к специализированному методическому аппарату.

Методы и методика исследования

Методологическую основу исследования составили вариативные (дисперсионные) статистические методы, в рамках которых мерой сбалансированности выступает коэффициент вариации (1):

$$V = \sigma/\bar{x} \times 100\% \quad (1)$$

где V – коэффициент вариации;
σ - стандартное отклонение;
$\bar{x}$ - среднее значение выборки.

Данный показатель рассчитывается по совокупности среднегодовых темпов прироста показателей различных подсистем региона, чем выше значение коэффициента, тем более выражена диспропорция между темпами их изменения [2; 7]. В качестве дополнительного, независимого метода использован интегральный рейтинг социально-экономического положения региона, ежегодно рассчитываемый агентством «РИА Рейтинг» на основе агрегирования показателей масштаба и эффективности экономики, бюджетной и социальной сфер [6].

Информационную базу составили официальные данные Банка России и Росстата за 2019-2024 гг. (кредитование субъектов малого и среднего предпринимательства, разработка передовых производственных технологий), Владимирстата и Росстата - по среднегодовой численности населения региона за 2023-2024 гг., а также данные «РИА Рейтинг» об интегральном рейтинге социально-экономического положения региона за 2024-2025 гг. Совокупный рост объема кредитования субъектов МСП в регионе за 2019-2024 гг. составил 94%, что в пересчете на среднегодовой темп прироста составляет 14,2%; совокупный рост показателя разработанных передовых производственных технологий за тот же период составил 156%, или 20,7% в среднегодовом выражении. Рассматриваемые показатели и их темпы прироста представлены в таблице 1.

На основе данных таблицы 1 отметим, что среднее значение изменения составило 8,3%, изменение показателя среднего квадратического отклонения составило 9,4%. Коэффициент вариации изменился на значительную величину – 114%. Данное изменение свидетельствует о ярко выраженной диспропорции темпов изменения.

Результаты исследования

Анализируя полученные результаты, становится возможным выделить, что полученные в ходе исследования значения коэффициента вариации, указывают что составляющие региональной социально-экономической системы

Владимирской области развиваются неравномерно. Так, экономическая и инновационная составляющие демонстрируют более высокие темпы роста по сравнению с социальной и сводной рейтинговой составляющими. Отметим, что объем кредитования субъектов малого и среднего предпринимательства, а также показатель разработки передовых производственных технологий демонстрируют среднегодовые темпы 14,2% и 20,7% соответственно. При этом динамика последнего индикатора превышает аналогичный по национальному уровню. Однако показатель среднегодовой численности населения продолжает уменьшаться. Одновременно с этим интегральный индекс развития «РИА Рейтинг» снижается, область перешла с 36 на 39 место в общем рейтинге [4; 9].

Таблица 1
Показатели оценки сбалансированности развития Владимирской области

Показатель	Подсистема	Период	Темп прироста, %
Объем кредитования субъектов МСП	Экономическая	2019-2024, среднегодовой	+14,2
Разработанные передовые производственные технологии	Инновационная (экономическая)	2019-2024, среднегодовой	+20,7
Среднегодовая численность населения	Социально-демографическая	2024 к 2023	−1,05
Интегральный рейтинг социально-экономического положения (РИА Рейтинг), балл	Сводная (социально-экономическая)	2025 к 2024	−0,74

Основываясь на полученных значениях вариации и сопоставлении их с интегральными индексами, становится возможным сделать вывод, что несмотря более оптимальные темпы изменения экономических и инновационных показателей общая позиция в национальном рейтинге социально-экономического положения ухудшается. При этом отметим, что улучшение данных составляющих не трансформируется в аналогичное изменение относительно социально-демографических индикаторов.

Следует отметить, что используемый в данном исследовании инструментарий, основанный на применении коэффициента вариации, имеет ряд особенностей:

- зависит от доступности статистических данных по региональным социально-экономическим системам – отдельные показатели представлены в официальных источниках не в полном объеме;

- несмотря на относительную простоту расчета, данный подход не разделяет структурный и функциональный характеры определяемых диспропорций. Также затруднена оценка динамического аспекта данной характеристики.

Несмотря на указанные особенности применения вариативного инструментария, применение подобного подхода позволили получить содержательный и подтвержденный независимым источником вывод о наличии диспропорции между экономической динамикой Владимирской области и ее социально-демографической и сводной рейтинговой составляющими. Полученные результаты могут быть использованы региональными органами управления при обосновании мер, направленных на закрепление достигнутых экономических результатов в улучшении демографической ситуации и общей социально-экономической позиции региона.

Литература

1. Третьякова, Е. А. Сочетание статического и динамического подходов в оценке устойчивого развития региональных социально-экономических систем / Е. А. Третьякова, М. Ю. Осипова // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2016. – Вып. 2(29). – С. 79–92.
2. Бородин, С. Н. Модель оценки устойчивого развития региона на основе индексного метода / С. Н. Бородин // Экономика региона. – 2023. – Т. 19, № 1. – С. 45-59. – DOI 10.17059/ekon.reg.2023-1-4. – EDN EQNGER.
3. Шацкий, А. А. Оценка сбалансированности региональных экономических систем на основе динамики ключевых социально-экономических показателей / А. А. Шацкий // Вестник университета. – 2025. – № 4. – С. 188–198.
4. Ершов, Д. Н. Рейтинги устойчивого развития как инструмент оценки социально-экономических трансформаций в регионах РФ / Д. Н. Ершов, Е. А. Мидлер, И. Д. Раков // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 698–719.
5. Родионова, Н. В. Оценка сезонных и межгодовых вариаций антропогенных поверхностных выбросов в атмосферу отдельных загрязняющих соединений по данным онлайн-сервиса ECCAD для Владимирской области в 2000–2020 гг. / Н. В. Родионова // Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн : сборник трудов Всероссийской открытой научной конференции. – Муром, 2024. – С. 266–276.
6. Владимирская область на 39-ом месте в РФ по социально-экономическому положению [Электронный ресурс] // Владимирские новости. – Режим доступа: https://newsvladimir.ru/fn_1887724.html (дата обращения 20.09.2026).
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024 : стат. сб. / Росстат. – М., 2024. – 1081 с.
8. Кредитование субъектов малого и среднего предпринимательства : Статистический бюллетень ЦБ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/50721/stat_bulletin_lending_24-08_51.pdf (дата обращения 20.09.2026).
9. Численность населения, по регионам. Владимирская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://statbase.ru/data/ru33-population-by-region-national-stat/ (дата обращения 20.09.2026).
10. Современное состояние и перспективы социально-экономического развития Владимирской области : Аналитический вестник № 3 (823) [Электронный ресурс] / Совет Федерации Федерального Собрания РФ. – Режим доступа: http://council.gov.ru/media/files/ZApYKZXOt8Lq9uAGHKlxir3aiAbvaeXk.pdf (дата обращения 20.09.2026).

Assessing the Balance of Development of the Vladimir Region Using Variation-Based Statistical Methods

Kozlov D.A.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article presents an assessment of the socio-economic balance of the Vladimir region based on variation (dispersion-based) statistical methods, as opposed to the author's information-entropy approaches applied in a number of recent studies. The information base comprises official data from Rosstat, Vladimirstat, the Bank of Russia and the RIA Rating agency for 2019–2025.

A coefficient of variation was calculated across average annual growth rates of indicators of the region's economic, innovation and socio-demographic components; the result was cross-checked against an independent integral rating of the region's socio-economic position. A substantial excess of the growth rates of SME lending and the development of advanced technologies over the dynamics of population and the region's integral rating was established, reflected in a high coefficient of variation (over 100%) and indicating a pronounced disproportion between the region's economic dynamics and its demographic-rating base.

The results obtained can be used by regional government bodies to substantiate measures aimed at aligning the pace of economic growth with the region's demographic and social dynamics. The limitations of the variation-based methods applied are separately discussed, related to the fragmentary nature of the statistical base, including for the region's ecological subsystem.

Keywords: regional economy, balance, Vladimir region, coefficient of variation, integral rating, socio-economic development.

References

1. Tretyakova, E. A. Combining Static and Dynamic Approaches to Assessing the Sustainable Development of Regional Socio-Economic Systems / E. A. Tretyakova, M. Yu. Osipova // Perm University Herald. Economy. – 2016. – Iss. 2(29). – P. 79–92.
2. Borodin, S. N. A Model for Assessing the Sustainable Development of a Region Based on the Index Method / S. N. Borodin // Economy of Region. – 2023. – Vol. 19, No. 1.
3. Shatsky, A. A. Assessing the Balance of Regional Economic Systems Based on the Dynamics of Key Socio-Economic Indicators / A. A. Shatsky // University Herald. – 2025. – No. 4. – P. 188–198.
4. Ershov, D. N. Sustainable Development Ratings as a Tool for Assessing Socio-Economic Transformations in the Regions of the Russian Federation / D. N. Ershov, E. A. Midler, I. D. Rakov // MIR (Modernization. Innovation. Research). – 2022. – Vol. 13, No. 4. – P. 698–719.
5. Rodionova, N. V. Assessment of Seasonal and Interannual Variations of Anthropogenic Surface Emissions of Individual Pollutants into the Atmosphere Based on ECCAD Online Service Data for the Vladimir Region in 2000–2020 / N. V. Rodionova // Modern Problems of Remote Sensing, Radar, Wave Propagation and Diffraction : Proceedings of the All-Russian Open Scientific Conference. – Murom, 2024. – P. 266–276.
6. The Vladimir Region Ranks 39th in Russia by Socio-Economic Position [Electronic resource] // Vladimirskie Novosti. – Access mode: https://newsvladimir.ru/fn_1887724.html (date of access 20.09.2026).
7. Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2024 : Statistical Compendium / Rosstat. – Moscow, 2024. – 1081 p.
8. Lending to Small and Medium-Sized Businesses : Statistical Bulletin of the Central Bank of the Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/50721/stat_bulletin_lending_24-08_51.pdf (date of access 20.09.2026).
9. Population by Region. Vladimir Region [Electronic resource]. – Access mode: https://statbase.ru/data/ru33-population-by-region-national-stat/ (date of access 20.09.2026).
10. Current State and Prospects of Socio-Economic Development of the Vladimir Region : Analytical Bulletin No. 3 (823) [Electronic resource] / Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation. – Access mode: http://council.gov.ru/media/files/ZApYKZXOt8Lq9uAGHKlxir3aiAbvaeXk.pdf (date of access 20.09.2026).

Современное состояние легкой промышленности России

Колесник Вера Анатольевна
магистр экономики, аспирант кафедры «Экономика предприятий и предпринимательской деятельности», Байкальский государственный университет, verakoles22@gmail.com

В статье представлен обзор современного состояния легкой промышленности России на основе научных публикаций 2022-2025 годов и актуальных отраслевых данных. Рассмотрены производственная динамика легкой промышленности России, факторы импортозамещения и сырьевой зависимости отрасли, проанализированы перспективы технологической модернизации рассматриваемой сферы. Показано, что отрасль находится в развивающем состоянии. Вместе с тем сохраняются ограничения развития отрасли легкой промышленности, накопленные за длительный период, в том числе износ оборудования, зависимость от импортного сырья и комплектующих, нехватка квалифицированных кадров, слабая цифровая зрелость предприятий и высокая конкуренция с поставщиками из дружественных стран. В статье сделан вывод, что устойчивое развитие рассматриваемой отрасли возможно при переходе от точечных мер импортозамещения к формированию полноценных цепочек добавленной стоимости, развитию кадров, сырьевой базы, региональных кластеров и современных производственных технологий.
Ключевые слова: легкая промышленность, импортозамещение, текстильная промышленность, технический текстиль, цифровизация, кадровый дефицит, промышленная политика, региональное развитие.

Легкая промышленность России традиционно воспринимается как отрасль повседневного потребления, однако ее роль шире, чем производство одежды, обуви и текстиля. Она связана с занятостью в регионах, развитием малого и среднего бизнеса, обеспечением государственных и корпоративных заказов, работой смежных отраслей - химической промышленности, сельского хозяйства, машиностроения, торговли и логистики. Поэтому анализ современного состояния отрасли требует учитывать не только выпуск продукции, но и устойчивость производственных цепочек, кадровую базу, сырьевое обеспечение, технологический уровень и способность предприятий работать в изменившейся конкурентной среде.

После 2022 года легкая промышленность оказалась в ситуации, где одновременно появились новые возможности и усилились старые ограничения. Уход части иностранных брендов, разрыв прежних логистических маршрутов и рост внимания к импортозамещению открыли для российских производителей дополнительные рыночные ниши. При этом предприятия столкнулись с удорожанием сырья, оборудования и доставки, а также с нехваткой кадров и оборотных средств. В результате отрасль развивается неравномерно: одни сегменты демонстрируют рост, другие остаются зависимыми от импорта и испытывают давление издержек.

Цель статьи - обобщить современное состояние легкой промышленности России, выделить ключевые тенденции, проблемные зоны и направления развития. [1-14].

Современное состояние легкой промышленности России

Легкая промышленность включает текстильное, швейное, кожевенное, обувное производство, трикотаж, меховые изделия, нетканые материалы и технический текстиль. Ее особенность состоит в близости к конечному потребителю: спрос зависит от доходов населения, цен, моды, маркетплейсов, качества бренда и доступности товара. Поэтому даже при наличии производственных возможностей предприятиям не гарантирован спрос на продукцию, если она проигрывает по дизайну, цене, качеству или сервису.

В последние годы отрасль демонстрирует признаки оживления. По предварительным оценкам, в 2025 году совокупный объем выпуска продукции легкой промышленности в России достиг 1,26 трлн руб., а в 2024 году сообщалось о росте производства на 20% к уровню предыдущего года [19; 20]. Эти показатели говорят о повышении значимости отрасли, но требуют осторожной интерпретации: часть роста в денежном выражении связана с инфляцией, удорожанием сырья и логистики. Поэтому важнее оценивать не только показатели объема выпуска продукции, но и глубину локализации, производительность труда, долю отечественных материалов и устойчивость спроса.

Производство легкой промышленности в денежном выражении за период с 2017 года выросло, однако импорт продолжает существенно превышать экспорт, а торговый баланс оставался отрицательным [7]. Этот вывод по-прежнему актуален: российские предприятия увеличивают выпуск продукции по итогам 2025 года, но внутренний рынок сохраняет зависимость от зарубежных тканей, фурнитуры, химических материалов, оборудования и готовых товаров. Главная задача отрасли - укрепить всю цепочку создания стоимости.

Наиболее динамичными выглядят швейное производство, спецодежда, трикотаж и отдельные виды текстиля. Швейный сегмент быстрее реагирует на уход иностранных брендов, поскольку требует меньших капитальных вложений, чем полный цикл текстильного производства. Однако он также наиболее зависим от кадров и качества поставляемых материалов. Текстильное производство более капиталоемко: для выпуска тканей, нетканых материалов и технического текстиля нужны современные станки, лаборатории, химическая обработка и стабильное сырьевое обеспечение. Отдельное значение имеет рынок государственных и корпоративных заказов. Спецодежда, форменная одежда, медицинский текстиль, защитные ткани, вещевое имущество и технические материалы формируют устойчивый спрос, который менее зависим от моды. Для предприятий легкой промышленности такие заказы дают загрузку, но требуют качества, сертификации, управляемых сроков и способности выпускать крупные партии. Поэтому развитие этого направления усиливает требования к технологической дисциплине и финансовой устойчивости компаний.

Рассмотрим более детально выделенные в Таблице 1 автором основные черты современного состояния легкой промышленности России, а именно импортозамещение и сырьевая зависимость отрасли.

Таблица 1
Основные черты современного состояния отрасли

Направление	Проявление	Значение для развития
Производственная динамика	Рост отдельных сегментов сочетается с неравномерностью текстильного, швейного и кожевенно-обувного производства.	Отрасль нельзя оценивать как единый массив: точки роста и зоны риска существуют одновременно.
Импортозамещение	Освободились рыночные ниши, но сохраняется зависимость от зарубежного сырья, оборудования и фурнитуры.	Нужна локализация цепочек, а не только замена готового товара российским аналогом.

Кадры	Предприятия испытывают дефицит рабочих, технологов, инженеров и специалистов по цифровым системам.	Нехватка персонала ограничивает масштабирование даже при наличии заказов.
Цифровизация	MES, ERP, цифровые лекала и аналитика продаж внедряются неравномерно.	Низкая цифровая зрелость повышает издержки и снижает скорость реакции на спрос.
Рынок сбыта	Растет роль маркетплейсов, локальных брендов и контрактного производства.	Производство должно сочетаться с дизайном, маркетингом, сервисом и управлением качеством.

Импортозамещение стало центральной темой развития отрасли. Экономисты В. Р. Смирнова, С. В. Чернявский и Ю. С. Васильева подчеркивают, что легкой промышленности России нужна полноценная стратегия, а не набор разрозненных мер: выборочное стимулирование производств, поддержка сегментов с внешнеторговым потенциалом, импорт товаров без национальных аналогов и развитие новых направлений на основе инновационных технологий [1]. Такой подход важен, потому что быстро заменить весь ассортимент невозможно. Рациональнее определять приоритеты, где российская легкая промышленность может получить устойчивый эффект.

Наиболее перспективными выглядят направления, где внутренний спрос соединяется с промышленной и государственной потребностью: спецодежда, технический текстиль, нетканые материалы, медицинский текстиль, защитные ткани, геотекстиль, трикотаж, отдельные виды домашнего текстиля и массовой одежды. Эти сегменты меньше зависят от имиджа международных fashion-брендов и больше опираются на качество, стандарты, технические свойства и стабильные поставки.

Доктор экономических наук, преподаватель И. А. Слободняк указывает, что отрасль должна переходить от точечного импортозамещения к созданию устойчивых технологически развитых цепочек добавленной стоимости [4]. Это означает, что сборка или пошив из импортной ткани не решают проблему полностью. Если сырье, оборудование, красители, фурнитура и комплектующие остаются внешними, предприятие по-прежнему зависит от валютного курса, логистики и решений поставщиков. Настоящее укрепление отрасли начинается там, где локализуются материалы, обработка, дизайн, производство и сбыт.

Сырьевая зависимость особенно заметна по хлопку, химическим волокнам, фурнитуре, красителям, кожевенным материалам и части оборудования. Россия не может полностью обеспечить себя хлопком по природно-климатическим причинам, поэтому важны устойчивые связи со странами Центральной Азии. По шерсти и льну потенциал выше, но нужны сортировка, переработка, современное оборудование и стабильный спрос. Химические волокна открывают перспективы для производства технического текстиля, но требуют развития нефтехимии и материаловедения.

Логистика после 2022 года стала отдельным фактором себестоимости. Переориентация поставок на Китай, Турцию и другие дружественные направления помогла избежать полного разрыва, но увеличила сроки поставки, валютные риски и потребность в запасах. Поэтому предприятиям важно не просто находить новых поставщиков, а снижать зависимость от критических позиций, развивать отечественные материалы и формировать более устойчивые складские и финансовые модели.

Рассмотрим следующую отличительную особенность легкой промышленности России – это территориальная структура и кадровый вопрос, занятых в отрасли.

Легкая промышленность России в целом территориально неоднородна. Исторически сильные позиции сохраняет Центральный федеральный округ, особенно Ивановская, Московская, Владимирская, Костромская и Ярославская области. Экономистами выделяется ведущая роль Центрального района в производстве тканей [7]. Авторы М. А. Поспишенко и Т. А. Балина в специализированных статьях также отмечают устойчивую концентрацию производства и различия между федеральными округами [8; 10]. Это создает основу для кластеров, но одновременно закрепляет зависимость отрасли от состояния старых промышленных центров.

Региональная концентрация имеет двойственный эффект. Там, где сохранились производственные традиции, легче развивать кооперацию, обучение, ремонтные службы и поставщиков. Но если такие территории не модернизируются, они превращаются в зону старых фондов и кадрового оттока. Для новых площадок важны индустриальные парки, доступ к сырью, региональные фонды развития, логистика и помощь в сертификации. Следовательно, региональная политика должна различаться: историческим центрам нужна модернизация, новым территориям - инфраструктура и включение в цепочки поставок.

Кадровый дефицит является также одним из главных ограничителей роста. Предприятиям не хватает швей, ткачей, операторов оборудования, обувщиков, технологов, инженеров, специалистов по качеству, цифровым системам и маркетингу. Директор по логистике АО «Новая мода» (г. Москва) В. Е. Казаков подчеркивает необходимость продолжения и расширения программ обучения и повышения квалификации [5]. Без квалифицированных кадров невозможно обеспечить стабильное качество, серийность и производительность, даже если у предприятия есть заказы и оборудование. Низкая привлекательность профессий связана с уровнем оплаты, устаревшим образом фабричного труда и слабой связью предприятий с колледжами. Решение требует не только увеличения набора в образовательные организации, но и обновления учебных цехов, дуального обучения, наставничества, целевых договоров, стажировок и понятных карьерных траекторий. Кандидат экономических наук, доцент, член Ученого Совета С. А. Леонов также обращает внимание в своих публикациях и монографиях на подготовку кадров разной квалификации и возможность совместных образовательных программ [3].

Следующая важная и отличительная черта легкой промышленности России – технологическая модернизация и цифровизация отрасли. Технологическое обновление является условием перехода отрасли от краткосрочной адаптации к устойчивому развитию. Отдельные авторы относят к ключевым проблемам устаревшее оборудование, недостаток инноваций, нехватку современных технологий и квалифицированных специалистов [6]. Некоторые экономисты указывают на трудности конкуренции с азиатскими производителями, инвестиционные ограничения и отставание по производительности труда [12]. Эти проблемы особенно заметны в текстильном, обувном и кожевенном производстве, где требуется дорогое оборудование и сложные технологические процессы.

Цифровизация включает цифровые лекала, системы управления производством, складской учет, маркировку, электронный документооборот, аналитику продаж и работу с маркетплейсами. Специалист Андрш отмечает в своей статье, что часть российских промышленных предприятий внедряет MES, IoT и автоматизацию, но цифровая зрелость остается низкой, а препятствиями выступают стоимость технологий, дефицит специалистов и слабая интеграция систем [9]. Для легкой промышленности это критично, потому что отрасль работает с большим числом моделей, размеров, цветов, партий и поставщиков.

Отдельным перспективным направлением остается технический текстиль. Он используется в медицине, строительстве, транспорте, защитной одежде, фильтрации, дорожной инфраструктуре и других промышленных сферах. Этот сегмент менее зависим от моды и больше опирается на свойства материалов, стандарты и инженерную компетенцию. Для России он может стать одним из направлений технологического прорыва, если будет поддержан лабораториями, испытаниями, химическими волокнами и долгосрочным спросом со стороны промышленных заказчиков.

Хотелось бы отметить, что роль государства в отрасли заметно усилилась с 2022 года. Поддержка включает льготные займы, субсидии, программы импортозамещения, участие Фонда развития промышленности, меры продвижения отечественной продукции, стандартизацию и развитие кадровой системы. Кандидат экономических наук, доцент И. В. Толмачева и экономист, старший преподаватель АНО ВО «Московский Международный Университет» А. А. Толмачев указывают, что государство должно поддерживать компании отрасли через принятие программ и их точную реализацию [2]. Доктор экономических наук, преподаватель И. А. Слободняк и многие экономисты в рассматриваемой области связывают перспективы с механизмами государственной поддержки и стратегией развития [4].

Изменение рынка требует новых маркетинговых подходов. Кандидат технических наук, профессор Т. А. Камалова отмечает, что предприятия должны анализировать поведение потребителей и внедрять более гибкие бизнес-модели [14]. После ухода западных брендов российские марки получили шанс, но происхождение товара само по себе не гарантирует спрос. Покупатель сравнивает цену, качество, дизайн, отзывы, доставку, возврат и размерную сетку. Поэтому современный производитель должен совмещать фабричную компетенцию с брендингом, сервисом и цифровой торговлей.

Международная кооперация сместилась в сторону Китая, Турции и стран Центральной Азии. Кандидат экономических наук, доцент, член Ученого Совета С. А. Леонов рассматривает партнерство с Китаем как возможность получения оборудования, технологий, обратного инжиниринга и подготовки кадров [3]. Однако такая кооперация полезна только тогда, когда она укрепляет российскую производственную базу. Простая замена европейских поставщиков китайскими не решает проблему зависимости, если внутри страны не появляются собственные компетенции, сервис, материалы и производственные цепочки.

Проблемные зоны легкой промышленности России и направления их решения

Обобщение источников показывает, что проблемы отрасли взаимосвязаны. Импортная зависимость увеличивает валютные и логистические риски. Рост себестоимости продукции снижает рентабельность. Также низкая рентабельность ограничивает инвестиции. Недостаток инвестиций тормозит модернизацию. Далее наблюдается отставание технологий, что сохраняет низкую производительность и снижает привлекательность труда. Поэтому современное состояние легкой промышленности России лучше описывать как систему ограничений, а не как сумму отдельных недостатков.

Ключевые направления решения рассмотрены в нижеприведенной Таблице 2 Основные проблемы легкой промышленности России и возможные пути решения и связаны с созданием цепочек добавленной стоимости, поддержкой технического текстиля, развитием сырьевой базы, цифровизацией, кластерным подходом и кадровой политикой. Важно развивать не только

крупные предприятия, но и малый бизнес, который способен создавать локальные бренды, работать с нишевым спросом и участвовать в контрактном производстве. Однако для перехода от мастерской к промышленному масштабу малым предприятиям нужны оборудование, сертификация, доступ к финансированию и кооперация.

Таблица 2

Основные проблемы легкой промышленности России и возможные пути решения

Проблема	Проявление	Последствия	Направления решения проблемы
Износ оборудования	Низкая скорость операций и нестабильное качество.	Высокая себестоимость и отставание от конкурентов.	Льготный лизинг, займы ФРП, сервис и обучение.
Сырьевая зависимость	Импорт тканей, волокон, фурнитуры и химических материалов.	Риски цены, сроков и валютного курса.	Развитие химических волокон, льна, шерсти, переработки и кооперации.
Кадровый дефицит	Нехватка рабочих, технологов и инженеров.	Ограничение роста выпуска и качества.	Колледжи, дуальное обучение, целевой набор, повышение престижа профессий.
Слабая цифровизация	Фрагментарный учет и ручное планирование.	Ошибки в запасах, сроках и ассортименте.	MES, ERP, цифровой раскрой, аналитика спроса.
Ценовая конкуренция	Давление дешевого импорта и маркетплейсов.	Снижение маржи и инвестиционных возможностей.	Бренд, качество, серийность, контроль серого импорта.

Заключение

Легкая промышленность России находится в состоянии структурной перестройки. В отрасли есть реальные точки роста: швейное производство, спецодежда, трикотаж, технический текстиль, работа с маркетплейсами и развитие отечественных брендов. Но рост отдельных сегментов не отменяет системных проблем - зависимости от импортного сырья и оборудования, нехватки кадров, технологического отставания, низкой цифровой зрелости и территориальной неоднородности.

Главная особенность текущего этапа состоит в том, что спрос и рыночные ниши появились быстрее, чем производственная система успела к ним подготовиться. Поэтому ключевая задача - не просто увеличить выпуск, а укрепить основу отрасли: сырье, материалы, оборудование, кадры, качество, цифровое управление, сбыт и региональную кооперацию. Без этого импортозамещение останется частичным и будет зависеть от внешних поставщиков.

Перспективным направлением является переход от точечных мер к комплексной промышленной политике. Поддержка должна быть связана с модернизацией оборудования, развитием технического текстиля, химических волокон, переработки натурального сырья, подготовкой кадров, кластерным развитием и продвижением отечественной продукции. Наиболее важным показателем успеха должен стать не только рост выпуска в рублях, но и рост производительности, глубины локализации, качества и устойчивости цепочек поставок.

В среднесрочной перспективе отрасль может укрепить внутренний рынок и занять отдельные экспортные ниши, если будет развиваться как система материалов, технологий, брендов и региональных компетенций. Массовая конкуренция с крупнейшими азиатскими производителями останется сложной, но в техническом текстиле, спецодежде, функциональных материалах, товарах для холодного климата и локальных брендах у России есть пространство для развития.

Таким образом, современное состояние легкой промышленности России можно оценить как противоречивое, но развивающееся. Отрасль получила шанс на обновление, однако использовать его можно только через долгосрочные инвестиции, кадровое воспроизводство, технологическую модернизацию и последовательную государственную политику.

Литература

1. Смирнова, В. Р. Легкая промышленность России в разрезе государственной политики импортозамещения и инновационного развития / В. Р. Смирнова, С. В. Чернявский, Ю. С. Васильева // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2023. – № 63. – С. 74-91. – DOI 10.17223/19988648/63/4. – EDN JVPDJF. (дата обращения: 10.09.2026).
2. Толмачева, И. В. Легкая промышленность России в современных условиях / И. В. Толмачева, А. А. Толмачев // Вестник Московского Международного Университета. – 2025. – № 1(5). – С. 108-112. – EDN LKWOKG. (дата обращения: 14.06.2026).
3. Леонов, С. А. Легкая промышленность России: современное состояние и стратегическое партнерство с Китаем / С. А. Леонов // Проблемы управления, экономики и права в общегосударственном и региональном масштабах : Сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 13–14 сентября 2023 года / Под редакцией О.А. Столяровой, Р.Р. Юняевой. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 141-154. – EDN AOTEAJ. (дата обращения: 10.09.2026).
4. Слободняк, И. А. Современное состояние и стратегические перспективы развития легкой промышленности России / И. А. Слободняк, П. В. Антипина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 1, № 12(165). – С. 56-65. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.12.01.006. – EDN XIZSPS. (дата обращения: 10.09.2026).
5. Казаков, В. Е. Политическое значение легкой промышленности в России в условиях международных санкций и логистических проблем / В. Е. Казаков // Власть. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 86-93. – DOI 10.24412/2071-5358-2025-1-86-93. – EDN XGIJSF. (дата обращения: 21.09.2026).
6. Ал Амин, М. Состояние и перспективы развития легкой промышленности в России / М. Ал Амин // Педагогика, психология и экономика: вызовы современности и тенденции развития : Материалы Первой международной научно-практической конференции, Москва, 08 февраля 2024 года. – Москва: Московская международная академия, 2024. – С. 24-28. – EDN RZYEAK. (дата обращения: 14.08.2026).
7. Саргсян, Ж. А. Оценка общего состояния легкой промышленности в России / Ж. А. Саргсян // Экономика и социум. – 2022. – № 6-1(97). – С. 866-875. – EDN UZHYPQ. (дата обращения: 11.07.2026).
8. Поспишенко, М. А. Территориальная и структурная трансформация легкой промышленности России / М. А. Поспишенко // Метаморфозы современного российского пространства: приоритеты общественно-географического анализа : Материалы Международной научной конференции (XV научная Ассамблея АРГО), Краснодар, 29 сентября – 08 2024 года. Том II. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2024. – С. 430-434. – EDN BTWHLO. (дата обращения: 10.07.2026).
9. Андрш, Э. Актуальные методы повышения цифровизации легкой промышленности Российской Федерации / Э. Андрш // 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. 32-37. – EDN IKWKMQ. (дата обращения: 08.06.2026).
10. Балина, Т. А. Территориальные особенности развития легкой промышленности России в начале 2020-х гг / Т. А. Балина, Л. С. Баталова, М. А. Поспишенко // Историко-географический журнал. – 2025. – Т. 4, № 1. – С. 142-149. – DOI 10.58529/2782-6511-2025-4-1-142-149. – EDN HQOBOW. (дата обращения: 14.08.2026).
11. Артемьев, Н. В. Влияние концепции устойчивого развития на эффективность предприятий легкой промышленности в условиях глобализации / Н. В. Артемьев, А. Д. Петров // Образование, технологии и общество на смене эпох : Материалы XX международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых. В 2-х томах, Москва, 28–29 марта 2024 года. – Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2024. – С. 714-725. – EDN OZISRS. (дата обращения: 20.09.2026).
12. Хрульков, Д. В. Проблемы и перспективы развития легкой промышленности России / Д. В. Хрульков // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2024. – Т. 21, № 2(134). – С. 223-234. – DOI 10.21686/2413-2829-2024-2-223-234. – EDN PXWZGA. (дата обращения: 18.09.2026).
13. Кириллов, Д. А. Тенденции и перспективы развития легкой промышленности России в период импортозамещения / Д. А. Кириллов // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 527-530. – EDN UKRZGP. (дата обращения: 17.09.2026).
14. Камалова, Т. А. Конкурентная среда и маркетинговые стратегии на рынке товаров легкой промышленности России / Т. А. Камалова // Индустриальная экономика. – 2024. – № 5. – С. 164-171. – DOI 10.47576/2949-1886.2024.5.5.024. – EDN BAXJXP. (дата обращения: 14.08.2026).
15. Жаркова, Н. Н. Стратегия развития легкой промышленности: новые направления и целевые показатели / Н. Н. Жаркова // Экономика, предпринимательство и право. – 2017. – Т. 7, № 4. – С. 253-261. – DOI 10.18334/epp.7.4.38488. – EDN YSIQDS. (дата обращения: 28.05.2026).
16. Радаев, В. В. Можно ли спасти российскую легкую промышленность / В. В. Радаев // Вопросы экономики. – 2014. – № 4. – С. 17-36. – DOI 10.32609/0042-8736-2014-4-17-36. – EDN RZVYKR. (дата обращения: 28.05.2026).
17. Литвинова, А. Г. Анализ ситуации в российской легкой промышленности / А. Г. Литвинова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2014. – № 2. – С. 16-26. – EDN SDHTFH. (дата обращения: 28.05.2026).
18. Каримов, Шахрияр Муслат оглу. Современные проблемы и приоритеты развития сферы легкой промышленности / Ш. М. оглы Каримов // BUSINESS ECONOMICS : Материалы 9-й Международной научно-практической конференции «Science, Education, Innovation: Topical Issues and Modern Aspects», Таллин, Эстония, 26-28 августа 2023 года. – Таллин: BUSINESS ECONOMICS, № 168, 2023. - С. 21-27. URL: https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/4270/4307 (дата обращения: 21.09.2026).
19. Объем выпуска продукции легпрома в 2025 году превысил 1,2 трлн рублей. — Текст : электронный // Союзлегпром: официальный сайт : [сайт]. — URL: https://souzlegprom.ru/press-tsentr/novosti-otrasli/obem-vypuska-produktsii-legproma-v-2025-godu-prevysil-1-2-trln-rubley/ (дата обращения: 16.08.2026).
20. Производство продукции легкой промышленности в России выросло на 20% в 2024 году. — Текст: электронный // Союз промышленников и предпринимателей Ленинградской области [сайт]. — URL: https:// http://lenspp.ru/2025/01/31/v-

rf-proizvodstvo-produkczii-legkoj-promyshlennosti-v-2024-godu-vyroslo-na-20/ (дата обращения: 19.05.2026).

The current state of Russia's light industry

Kolesnik V.A.
Baikal State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article provides an overview of the current state of Russia's light industry, drawing on scientific publications from 2022–2025 and up-to-date industry data. It examines production dynamics, factors related to import substitution and raw material dependency. This article analyzes prospects for technological modernization. The study demonstrates that the industry is currently in a growth phase. However, long-standing constraints persist, including equipment obsolescence, reliance on imported raw materials and components, a shortage of skilled personnel, low digital maturity among enterprises, and stiff competition from suppliers in friendly nations. The article concludes that the industry's sustainable development requires a shift from isolated import substitution measures toward the creation of robust value chains and the development of human capital, raw material bases, regional clusters, and modern production technologies.

Keywords: light industry, import substitution, textile industry, technical textiles, digitalization, labor shortage, industrial policy, regional development.

References

1. Smirnova, V. R. Russia's Light Industry in the Context of State Policy on Import Substitution and Innovative Development / V. R. Smirnova, S. V. Chernyavsky, Yu. S. Vasilyeva // Bulletin of Tomsk State University. Economics. – 2023. – No. 63. – P. 74–91. – DOI 10.17223/19988648/63/4. – EDN JVPDJF. (accessed: 10.09.2026).
2. Tolmacheva, I. V. Russia's Light Industry in Modern Conditions / I. V. Tolmacheva, A. A. Tolmachev // Bulletin of the Moscow International University. – 2025. – No. 1(5). – P. 108–112. – EDN LKWOKG. (accessed: 14.06.2026).
3. Leonov, S. A. Russia's Light Industry: Current State and Strategic Partnership with China / S. A. Leonov // Issues of Management, Economics, and Law at the National and Regional Levels: Collection of Articles from the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference, Penza, September 13–14, 2023 / Edited by O. A. Stolyarova, R. R. Yunyaeva. – Penza: Penza State Agrarian University, 2023. – P. 141–154. – EDN AOTEAJ. (accessed: 10.09.2026).
4. Slobodnyak, I. A. Current State and Strategic Development Prospects of Russia's Light Industry / I. A. Slobodnyak, P. V. Antipina // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2025. – Vol. 1, No. 12(165). – P. 56-65. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.12.01.006. – EDN XIZSPS. (accessed: 10.09.2026).
5. Kazakov, V. E. Political Significance of Russia's Light Industry Amidst International Sanctions and Logistics Challenges / V. E. Kazakov // Vlast. – 2025. – Vol. 33, No. 1. – P. 86-93. – DOI 10.24412/2071-5358-2025-1-86-93. – EDN XGIJSF. (accessed: 21.09.2026).
6. Al Amin, M. State and Development Prospects of Russia's Light Industry / M. Al Amin // Pedagogy, Psychology, and Economics: Modern Challenges and Development Trends : Proceedings of the First International Scientific and Practical Conference, Moscow, February 8, 2024. – Moscow: Moscow International Academy, 2024. – P. 24-28. – EDN RZYEAK. (accessed: 14.08.2026).
7. Sargsyan, Zh. A. Assessment of the General State of Russia's Light Industry / Zh. A. Sargsyan // Economics and Society. – 2022. – No. 6-1(97). – P. 866-875. – EDN UZHYPQ. (accessed: 11.07.2026).
8. Pospishenko, M. A. Territorial and structural transformation of Russia's light industry / M. A. Pospishenko // Metamorphoses of the modern Russian space: priorities of socio-geographic analysis : Proceedings of the International Scientific Conference (XV Scientific Assembly of ARGO), Krasnodar, September 29 – October 8, 2024. Volume II. – Krasnodar: Kuban State University, 2024. – P. 430-434. – EDN BTWHLO. (accessed: 10.07.2026).
9. Andrsh, E. Current methods for enhancing the digitalization of the Russian Federation's light industry / E. Andrsh // Management and digitalization: national and regional dimensions : Collection of articles from the V National Scientific and Practical Conference with international participation, Bryansk, May 28, 2025. – Bryansk: Academician I.G. Petrovsky Bryansk State University, 2025. – P. 32-37. – EDN IKWKMQ. (accessed: 08.06.2026).
10. Balina, T. A. Territorial features of light industry development in Russia in the early 2020s / T. A. Balina, L. S. Batalova, M. A. Pospishenko // Historical-Geographical Journal. – 2025. – Vol. 4, No. 1. – P. 142-149. – DOI 10.58529/2782-6511-2025-4-1-142-149. – EDN HQOBOW. (accessed: 14.08.2026).
11. Artemyev, N. V. The impact of the sustainable development concept on the efficiency of light industry enterprises in the context of globalization / N. V. Artemyev, A. D. Petrov // Education, Technologies, and Society at the Turn of Eras: Proceedings of the XX International Congress with a Scientific School Component for Young Scientists. In 2 volumes, Moscow, March 28–29, 2024. – Moscow: S. Y. Witte Moscow University, 2024. – P. 714–725. – EDN OZISRS. (accessed: 20.09.2026).
12. Khrulkov, D. V. Problems and prospects for the development of Russia's light industry / D. V. Khrulkov // Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. – 2024. – Vol. 21, No. 2(134). – P. 223–234. – DOI 10.21686/2413-2829-2024-2-223-234. – EDN PXWZGA. (accessed: 18.09.2026).
13. Kirillov, D. A. Trends and prospects for the development of Russia's light industry during the import substitution period / D. A. Kirillov // Innovations and Investments. – 2023. – No. 10. – P. 527–530. – EDN UKRZGP. (accessed: 17.09.2026).
14. Kamalova, T. A. Competitive environment and marketing strategies in the Russian light industry goods market / T. A. Kamalova // Industrial Economics. – 2024. – No. 5. – P. 164–171. – DOI 10.47576/2949-1886.2024.5.5.024. – EDN BAXJXP. (accessed: 14.08.2026).
15. Zharkova, N. N. Light industry development strategy: new directions and target indicators / N. N. Zharkova // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2017. – Vol. 7, No. 4. – P. 253-261. – DOI 10.18334/epp.7.4.38488. – EDN YSIQDS. (accessed: 28.05.2026).
16. Radaev, V. V. Can the Russian light industry be saved? / V. V. Radaev // Voprosy Ekonomiki. – 2014. – No. 4. – P. 17-36. – DOI 10.32609/0042-8736-2014-4-17-36. – EDN RZVYKR. (accessed: 28.05.2026).
17. Litvinova, A. G. Analysis of the situation in the Russian light industry / A. G. Litvinova // RUDN Journal of Economics. – 2014. – No. 2. – P. 16-26. – EDN SDHTFH. (accessed: 28.05.2026).
18. Karimov, Shakhriyar Muslat oglu. Modern Challenges and Development Priorities in the Light Industry Sector / Sh. M. oglu Karimov // BUSINESS ECONOMICS : Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Science, Education, Innovation: Topical Issues and Modern Aspects", Tallinn, Estonia, August 26–28, 2023. – Tallinn: BUSINESS ECONOMICS, No. 168, 2023. – pp. 21–27. URL: https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/4270/4307 (accessed: 21.09.2026).
19. Light industry production volume in 2025 exceeded 1.2 trillion rubles. — Text: electronic // Soyuzlegprom: official website: [website]. — https://souzlegprom.ru/press-tsentr/novosti-otrasli/obem-vypuska-produktsii-legproma-v-2025-godu-prevysil-1-2-trln-rubley/ (accessed: 16.08.2026).
20. Light industry production in Russia grew by 20% in 2024. — Text: electronic // Union of Industrialists and Entrepreneurs of the Leningrad Region [website]. — URL: https://lenspp.ru/2025/01/31/v-rf-proizvodstvo-produkczii-legkoj-promyshlennosti-v-2024-godu-vyroslo-na-20/ (accessed: 19.05.2026).

Санкционные ограничения как стимул к локализации производства электроники: анализ международного и российского опыта

Конов Леонид Игоревич
аспирант, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, leonidkonov2013@gmail.com

В статье исследуется влияние санкционных ограничений на процессы локализации производства электроники в России. На основе анализа деятельности ведущих российских и международных компаний проводится сравнительная оценка эффективности импортозамещения в условиях внешнеэкономических ограничений. Исследование охватывает период 2021–2025 гг. и демонстрирует динамику развития отрасли, выявляет ключевые факторы роста и ограничения развития отечественного производства электроники. Установлено, что, несмотря на значительный рост выручки российских производителей в 2022 году (до +117%), обусловленный уходом иностранных компаний, к 2025 году наблюдается замедление темпов развития. Основными ограничивающими факторами выступают отсутствие собственной элементной базы, технологическое отставание (90 нм против 2 нм у международных лидеров) и ограниченность внутреннего рынка. В то же время международные компании демонстрируют устойчивый рост, особенно в сегменте производства компонентов для искусственного интеллекта. Исследование показывает, что для успешной локализации производства электроники в России необходимо развитие собственных технологических компетенций и создание элементной базы.

Ключевые слова: санкционные ограничения, локализация производства, импортозамещение, электроника, технологическая зависимость, технологическое развитие.

В современных реалиях становится достаточно сложно планировать как свою жизнь, так и жизнедеятельность целого бизнеса, будь он даже малым или средним. Основными ограничениями продолжают оставаться санкционные ограничения, которые влияют на организацию рынка электроники в России, ввоза товаров на территорию страну и сотрудничество с другими странами. Несмотря на это, рынок электроники в настоящее время достаточно хорошо развит как на территории России, так и на международной арене. Для нашей национальной экономики в последние годы особое значение в технологическом развитии занимает импортозамещение [5]. Именно поэтому санкционные ограничения можно рассмотреть, как некий «толчок» к развитию внутреннего производства и разработок высокотехнологичной продукции.

Для общего понимания картины рынка электроники в России обратимся к таблице 1, в которой представлен анализ основных экономических показателей деятельности крупнейших компаний-производителей электроники нашей страны за период с 2021 по 2025 годы [7].

Таблица 1
Основные показатели деятельности трех крупнейших производителей электроники РФ

Показатель	Год				
	2021	2022	2023	2024	2025
ИКС Холдинг (YADRO)					
Выручка, млрд руб.	42	91	~163	260	~203
Рост к пред. году, %	—	+117%	+79%	+60%	−22%
Fplus (до 2023 — «Марвел-Дистрибуция»)					
Выручка, млрд руб.	210,8	~215	195,4	н/д	↓25–30%
Рост к пред. году, %	+35%	+2%	−9%	—	—
Аквариус					
Выручка, млрд руб.	14,8	30,2	~50	~50	н/д (кризис)
Рост к пред. году, %	—	+104%	+66%	0%	—

Несмотря на то, что компании считаются крупнейшими в России, стоит отметить, что выборка была небольшой, ввиду отсутствия на территории нашей страны достаточного опыта, развитости данного направления. ИКС Холдинг занимается созданием суверенного технологического стека в основном для корпоративного, реже для государственных секторов [2]. Производит такие элементы электроники как микропроцессоры, базовые станции телеком-оборудования и клиентские устройства, такие как ноутбуки, планшеты и моноблоки. Компания Fplus в основном ориентирована на ИТ-сектор и производит оборудование с гибридной моделью. Важной особенностью от двух других компаний является тесное сотрудничество с российскими разработчиками программного обеспечения, а также с государственными структурами [3]. Третья компания делает акцент на организации полного цикла производства исключительно на территории России, тогда как две другие используют в небольшом объеме помещения и рабочую силу других стран. Аквариус занимается производством серверов и систем хранения данных для корпоративных центров обработки данных и государственных учреждений.

На сегодняшний день в России достаточно мало отечественных производителей электроники – практически все детали привозят из-за границы и уже непосредственно собираются на территории нашей страны в полноценный продукт [1]. Стоит отметить, что по субъективным оценками и отсутствию достаточного опыта специалистов, качество собранных электронных продуктов в РФ, может местами сильно отличаться от зарубежных и импортных.

В таблице 2 можно увидеть аналогичный анализ, но компании международного уровня.

Таблица 2
Основные показатели трёх крупнейших мировых производителей электроники за 2021–2025 гг.

Показатель	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
Samsung Electronics					
Выручка, млрд долл.	~240,7	~233,1	~199,8	~220,7	~234,7
Рост к пред. году, %	—	−3,1	−14,3	+10,5	+6,3
Foxconn (Hon Hai)					
Выручка, млрд долл.	~217,3	~215,8	~198,5	~208,0	~258,3
Рост к пред. году, %	—	−0,7	−8,0	+4,8	+24,2
TSMC					
Выручка, млрд долл.	56,8	75,9	69,3	90,1	122,4

Рост к пред. году, %	—	+33,5	−8,7	+30,0	+35,9

Естественно, анализируя международный рынок, игроки на нем будут намного серьезнее, нежели на только зарождающемся рынке России. Основными драйверами значительного роста компании Samsung Electronics в 2024-2025 годы стали восстановление рынка памяти, рост спроса на чипы для искусственного интеллекта, расширение мощностей в США, а именно отрытие завода в Техасе [9].

Foxconn достаточно сильно показала рост по сравнению со своим главным конкурентом, что связано также с бумом спроса на искусственный интеллект в 2024-2025 годы. Именно эта компания получила большой, даже рекордный, спрос на сборку ИИ-сервисов и оборудований для облачных платформ. Именно в тот год у компании появляются крупнейшие партнеры – Nvidia и Cloud & Networking [8].

Рост можно заметить у всех компаний, в особенности большой прирост можно наблюдать у компании TSMC за счет спроса на чипы для искусственного интеллекта, а также большого преобладания на foundry-рынке – компания занимает около 70% [10]. Достаточно сомнительно утверждать, что компания сильно выросла на 5 лет, ведь рост при больших масштабах производства и уже устоявшемся положении, на наш взгляд, сложнее, нежели только вышедшей компании на рынок.

Разрыв в масштабе между российскими и международными компаниями — порядковый, не кратный. Выручка TSMC за 2025 год (~122 млрд долл. ≈ ~11 трлн руб.) более чем в 40 раз превышает выручку ИКС Холдинга (~203 млрд руб.). Samsung и Foxconn превосходят российских производителей ещё сильнее. При этом международные компании демонстрируют устойчивый рост в 2024–2025 годах, тогда как все три российские компании столкнулись с замедлением, стагнацией или кризисом в том же периоде [6].

Российский рынок отреагировал на санкции 2022 года всплеском локализации: ИКС Холдинг вырос на 117%, Аквариус — на 104%, Fplus остался примерно на прежнем уровне. Однако к 2024–2025 годам импульс исчерпался: ИКС Холдинг показал −22%, Аквариус — стагнацию и финансовый кризис, Fplus — падение дистрибуции на 25–30% и угрозу банкротства.

Международные компании, напротив, получили от санкций и геополитической перестройки дополнительный стимул: Foxconn нарастил выручку на 24% за счёт сборки ИИ-серверов, TSMC — почти на 36% за счёт заказов на ИИ-чипы, Samsung восстановила рост за счёт памяти HBM. Бум искусственного интеллекта работает на них, а не против.

Отличительной особенностью таких различий между развитием технологий и продвижением компаний, увеличению их выручки, является отсутствие собственной элементной базы, такой как чипы, дисплеи и другое [4]. Именно поэтому производство сводится к сборке из ввезенных комплектующих из других стран, как уже упоминалось ранее в исследовании. Поэтому нельзя назвать рост в 2022 году выручки компаний ИКС Холдинг и Аквариус ввиду завоевания рынка и внедрения каких-то импортозамещающих продуктов, а только из-за ухода крупных иностранных игроков с российского рынка.

Кроме ограниченности рынка сбыта для российских компаний, стоит отметить и отсутствие передовых технологий. Так, например, в России самый тонкий чип составляет 90 нм, тогда как TSMC освоила уже 2 нм.

Тем не менее, у российского рынка электроники есть и прекрасные возможности даже в условиях ограничений – одно из таких закупки государственным сектором, поддержка через федеральные законы и национальные проекты. В настоящее время в выигрышном положении окажется именно та компания, которая первая займется созданием собственной элементной базы.

Литература

1. Абдикеев Н. М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — 2022. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/importozamescheniev-vysokotehnologichnyh-otraslyah-promyshlennosti-v-usloviyah-vneshnih-sanktsiy?ysclid=mthjo7lp33478846263 (дата обращения: 31.08.2026);
2. Грибков А. А. Технологические и макроэкономические факторы развития микроэлектронного производства в России // ЭКО. Всероссийский экономический журнал. — 2023. — № 8. — С. 104–117. — DOI: 10.30680/EC00131-7652-2023-8-104-117.
3. Любимов А. Э. Проблемы функционирования рынка электротехники в условиях санкций и импортозамещения // Индустриальная экономика. — 2022. — Т. 8, № 5. — С. 772–782. — DOI: 10.47576/2712-7559_2022_5_8_772.
4. Петрова Е. А. Кризисы отечественной электроники и проблемы импортозамещения // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / науч. ред. А. П. Багирова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. — Т. 1. — С. 62–65. — ISBN 978-5-7996-3498-8.
5. Сенков В. А., Домничев Д. Ю. Локализация производства как ключевой механизм реализации импортозамещения в целях обеспечения экономической безопасности предприятия // Экономическая безопасность. — 2023. — № 1. — URL: https://1economic.ru/lib/117294 (дата обращения: 31.08.2026);
6. Сергеева А. В. Особенности и барьеры импортозамещения в электронной промышленности и IT-технологиях России [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-i-bariery-importozamescheniya-v-elektronnoy-promyshlennosti-i-it-tehnologiyah-rossii?ysclid=mthjod0g34394453385 (дата обращения: 31.08.2026);
7. CNews500: крупнейшие ИТ-компании России // CNews [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://www.cnews.ru/reviews/rynok_it_itogi_2025/articles/cnews500_krupnejshie_it-kompanii_rossii?ysclid=mthjkbeu2z6177257 (дата обращения: 31.08.2026);
8. Hon Hai Technology Group (Foxconn) Announces FY2024 & 4Q24 Financial Results // Foxconn [Electronic resource]. — 2025. — URL: https://www.foxconn.com/en-us/press-center/press-releases/latest-news/1554 (Дата обращения: 31.08.2026);
9. Samsung posts record-breaking annual revenue but forecasts "limited" Q1 '25 earnings due to weakness in semiconductor business // Data Center Dynamics [Electronic resource]. — 2025. — URL: https://www.datacenterdynamics.com/en/news/samsung-posts-record-breaking-annual-revenue-but-forecasts-limited-q1-25-earnings-due-to-weakness-in-semiconductor-business/ (Дата обращения: 31.08.2026);
10. TSMC Ltd 2024 Annual Report (Form 20-F) // U.S. Securities and Exchange Commission [Electronic resource]. — 2025. — URL: https://investor.tsmc.com/sites/ir/annual-report/2024/2024%20Annual%20Report_E.pdf (Дата обращения: 31.08.2026).

Sanctions as an incentive for localizing electronics production: analysis of international and russian experience

Konov L.I.

Leningrad State University named after A.S. Pushkin

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the impact of sanctions restrictions on the processes of electronics production localization in Russia. Based on the analysis of the activities of leading Russian and international companies, a comparative assessment of the effectiveness of import substitution under conditions of foreign economic restrictions is carried out. The study covers the period 2021–2025 and demonstrates the dynamics of industry development, identifies key growth factors and limitations of domestic electronics production development. It has been established that despite the significant revenue growth of Russian manufacturers in 2022 (up to +117%), driven by the departure of foreign companies, by 2025 there is a slowdown in development rates. The main limiting factors are the lack of own component base, technological отставание (90 nm versus 2 nm for international leaders), and the limited domestic market. At the same time, international companies demonstrate steady growth, especially in the production of artificial intelligence components segment. The study shows that for successful localization of electronics production in Russia, the development of own technological competencies and the creation of a component base are necessary.

Keywords: sanctions restrictions, production localization, import substitution, electronics, technological dependence, technological development.

References

1. Abdikeev N. M. Import substitution in high-tech industries under external sanctions [Electronic resource] // CyberLeninka. — 2022. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-vysokotehnologichnyh-otraslyah-promyshlennosti-v-usloviyah-vneshnih-sanktsiy?ysclid=mthjo7lp33478846263 (date of access: 31.08.2026);
2. Gribkov A. A. Technological and macroeconomic factors in the development of microelectronic production in Russia // ECO. All-Russian Economic Journal. — 2023. — No. 8. — Pp. 104–117. — DOI: 10.30680/EC00131-7652-2023-8-104-117.
3. Lyubimov A. E. Problems of the electrical engineering market functioning under sanctions and import substitution // Industrial Economy. — 2022. — Vol. 8, No. 5. — Pp. 772–782. — DOI: 10.47576/2712-7559_2022_5_8_772.
4. Petrova E. A. Crises in domestic electronics and the problems of import substitution // Strategies for the development of social communities, institutions and territories: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference: in 2 volumes / scientific ed. by A. P. Bagirov. Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2022, vol. 1, pp. 62-65. — ISBN 978-5-7996-3498-8.
5. Senkov V. A., Domnichev D. Yu. Localization of production as a key mechanism for implementing import substitution in order to ensure the economic security of the enterprise // Economic security. — 2023. — No. 1. — URL: https://1economic.ru/lib/117294 (accessed: 31.08.2026);

Макроэкономический анализ и структурные параметры рынка юридических услуг Российской Федерации в общенациональном и региональном аспектах

Корниенко Светлана Владимировна
аспирант, кафедра туризма, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, svetko.1981@mail.ru

В статье раскрываются методологические сложности идентификации юридической деятельности как самостоятельного объекта статистического наблюдения. Проводится анализ глобальных тенденций рынка юридических услуг и определяются ключевые факторы его роста: институциональные, экономические и технологические. Выявлены системные диспропорции рынка: устойчивое снижение доли юридических услуг в структуре платных услуг населению при номинальном росте абсолютных объёмов, преобладание ценового фактора над физическим, дифференциация ценовых трендов по сегментам, опережающий рост заработной платы по отношению к производительности труда, экстенсивный характер роста занятости. Отдельное внимание уделяется региональному аспекту, в том числе динамике численности организаций и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих деятельность в области права, в новых регионах Российской Федерации (ДНР, ЛНР, Запорожская и Херсонская области). Установлено, что после резкого роста показателей в 2022–2023 гг., связанного с интеграцией новых субъектов в правовое поле РФ, наступает фаза коррекции, отражающая завершение переходного периода и стабилизацию рынка.
Ключевые слова: юридические услуги, рынок юридических услуг, бизнес-процесс, макроэкономический анализ, структурные параметры.

Макроэкономический анализ рынка юридических услуг в Российской Федерации представляет собой сложную исследовательскую задачу, что объясняется, во-первых, недооцененностью данного сектора в структуре национальной экономики как со стороны официальной статистики, так и со стороны академического сообщества, а во-вторых, методологическими сложностями идентификации юридической деятельности как самостоятельного объекта статистического наблюдения. В отличие от промышленного производства, строительства или финансового сектора, где системный мониторинг показателей ведется на протяжении десятилетий в рамках утвержденных методик, юридические услуги традиционно рассматриваются в составе агрегированной группы видов деятельности, что нивелирует их специфику и препятствует выявлению отраслевых трендов.

Экспоненциальный рост рынка обусловлен тремя группами факторов:

Институциональные факторы: усложнение нормативно-правовой базы на национальном и наднациональном уровнях (включая регулирование в сферах защиты данных, кибербезопасности, ESG-стандартов и антимонопольного законодательства), ужесточение требований к корпоративной отчетности, а также активизация правоприменительной деятельности создают устойчивый базовый спрос на юридические консультации и услуги по управлению рисками.

Экономические факторы: глобализация бизнес-операций, рост трансграничных сделок и прямых иностранных инвестиций, увеличение числа слияний и поглощений (M&A), а также расширение деятельности транснациональных корпораций в развивающихся регионах формируют спрос на сложные корпоративные и регуляторные юридические услуги.

Технологические факторы: цифровая трансформация юридической отрасли, внедрение решений на основе искусственного интеллекта (автоматизация исследований, анализ документов, прогнозная аналитика), развитие виртуальных платформ предоставления услуг и рост юридических технологий (LegalTech) существенно повышают операционную эффективность и доступность услуг, одновременно снижая транзакционные издержки.

Стоит отметить, что по данным отчета Global Market Insights, корпоративные и коммерческие услуги составляют крупнейший сегмент, генерирующий около 330 млрд долл. США (29,5% от общего объема рынка), с прогнозируемым ростом до 620 млрд долл. США к 2034 году (CAGR 6,7%) [1]. Высокие темпы роста данного сегмента объясняются глобализацией, увеличением объема трансграничных сделок и ростом сложности корпоративного управления.

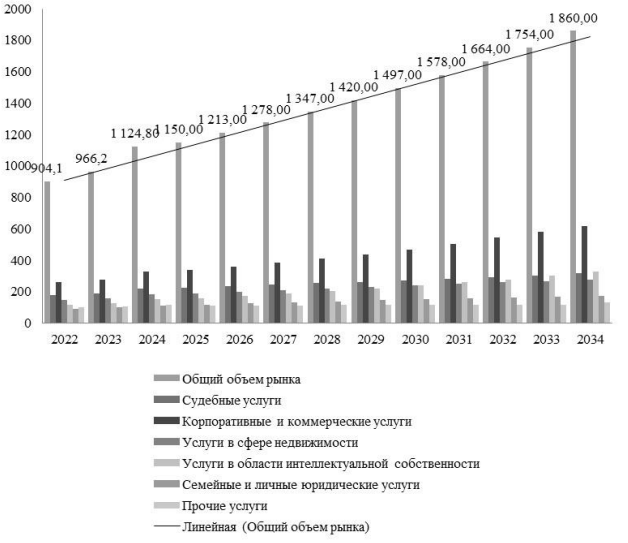


Рисунок 1 - Динамика мирового рынка юридических услуг в разрезе основных сегментов за период 2022–2034 гг. Источник: составлено по данным отчета Global Market Insights [1]

Как видно из данных рис. 1, на протяжении всего рассматриваемого периода корпоративные и коммерческие услуги сохраняют доминирующее положение, являясь крупнейшим сегментом, что обусловлено глобализацией бизнес-операций, ростом трансграничных сделок и усложнением регуляторной среды. Вторым по значимости сегментом выступают судебные услуги, спрос на которые остается стабильным благодаря высокой судебной активности в корпоративном секторе и росту числа коммерческих споров. Услуги

в сфере недвижимости демонстрируют умеренную положительную динамику, отражая глобальные тренды урбанизации и развития строительной отрасли. Наиболее высокие темпы роста характерны для сегмента интеллектуальной собственности, что связано с цифровизацией экономики, увеличением глобальных НИОКР и ростом ценности нематериальных активов. Семейные и личные юридические услуги показывают постепенный рост, обусловленный повышением правовой грамотности населения. Таким образом, структурная динамика рынка свидетельствует о его диверсификации и смещении спроса в сторону высокотехнологичных и трансграничных юридических услуг.

Российский рынок юридических услуг за последние годы претерпел значительные изменения, обусловленные как внутренними экономическими факторами, так и внешними геополитическими шоками. В отличие от западных рынков, где процессы структурной перестройки растягивались на десятилетия, российская юридическая отрасль столкнулась с необходимостью адаптации в сжатые сроки. Работа авторов [2, с. 7] создаёт теоретическую базу для идентификации юридических услуг как объекта бюджетных расходов и обоснования необходимости их макроэкономического анализа в контексте эффективности использования публичных финансов. За период 2021–2025 гг. оборот российского рынка юридических услуг вырос на 41% - с 279 до 392 млрд рублей.

Структура российского рынка юридических услуг характеризуется значительным преобладанием частного сектора, около 75% совокупного оборота формируется за счет услуг физическим лицам. В сегменте B2C основной денежный поток создается за счет высокой частоты типовых обращений (семейное, наследственное, жилищное право) и обязательного нотариата. В 2025 г. оборот рынка корпоративных юридических услуг составил 91 млрд рублей, показав рост на 5% по сравнению с 2024 г. За пять лет рынок вырос на 26% с 72 до 91 млрд рублей. Рост обеспечивался преимущественно повышением стоимости услуг, а с 2023 г. к нему добавился устойчивый приток новых клиентов юридических компаний.

Уход международных юридических фирм с российского рынка в 2022-2023 гг. создал вакуум, который был быстро заполнен российскими компаниями. Санкционное давление, экспортные ограничения и вторичные санкции сформировали устойчивый спрос на анализ цепочек поставок, правовую экспертизу внешнеэкономических сделок и выстраивание санкционного комплаенса. По данным экспертов [4, с. 62], это направление стало одним из ключевых источников роста для российских юридических предприятий.

Особенно востребованными являются услуги по разблокировке активов, санкционному комплаенсу, вопросам налогообложения и структурированию активов в дружественных юрисдикциях [5, с. 38]. В структуре запросов состоятельных клиентов наблюдается рост интереса к личным фондам и иностранным инструментам структурирования активов, а также к вопросам трансграничных платежей.

Основу оборота в сегменте юридической помощи для бизнеса формируют сложные и многопрофильные задачи: сопровождение сделок слияния и поглощения (M&A) [6, с. 37], налоговые споры и таможенное регулирование, банкротство и реструктуризация задолженности.

Цифровая экономика формирует растущий спрос на регулирование ИТ-продуктов, защиту персональных данных, сопровождение цифровых платформ и вопросы искусственного интеллекта. Этот сегмент является одним из самых быстрорастущих, особенно среди молодых специалистов. Юридические предприятия активно внедряют собственные Legal AI-решения и автоматизируют подготовку документов [7, с. 288]. Внедрение технологий, с одной стороны, повышает эффективность, а с другой - усиливает ценовую конкуренцию в нижнем сегменте, снижая стоимость базовых услуг.

Несмотря на положительную динамику оборота, российский рынок юридических услуг сталкивается с проблемой перенасыщения нижнего сегмента. Ежегодно вузы выпускают более 120 тысяч юристов, что многократно превышает реальные потребности рынка. Это привело к «эффекту вытеснения», юристы из переполненных ниш уходят в смежные сферы или покидают профессию [8, с. 57]. Реальный «выход» из профессии в массовом сегменте существенно вырос, что коррелирует с аналогичными процессами на рынке США в 1980-е гг.

Разрыв в доходах между элитными московскими фирмами и региональными компаниями сохраняется, хотя наблюдается тенденция к его некоторому сокращению. Топ-адвокаты столичных предприятий зарабатывают от 5 до 50–100 млн рублей в год, тогда как доходы региональных специалистов и начинающих юристов часто не превышают 400–500 тыс. рублей в год. Исследование 800 юридических компаний показало, что более половины совокупной выручки - свыше 94 млрд рублей - аккумулирована в Москве, тогда как Санкт-Петербург обеспечивает 17,9 млрд, а остальные регионы - суммарно около 43,7 млрд рублей [9, с. 65].

После масштабной реструктуризации юридического рынка в 2022-2023 гг., связанной с уходом международных юридических фирм, наступил этап консолидации. Ряд игроков объединяется, формирует альянсы и усиливает экспертизу в нишевых областях. По данным [10], в рейтинге 2025 г. участвовало более 3,5 тысячи заявок (60% роста к 2024 г.), а совокупная стоимость проектов составила около 10 трлн рублей.

Принятая в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (ОКВЭД 2) группировка кода 69 «Деятельность в области права и бухгалтерского учета» создает дополнительную методологическую проблему, поскольку совместный учет двух качественно разнородных видов деятельности (юридической и бухгалтерской) не позволяет корректно выделить вклад каждой из них в валовую добавленную стоимость, занятость и инвестиционную активность, что требует от исследователя применения дополнительных расчетных процедур и косвенных оценок [11, с. 107]. Между тем, именно юридический сектор выполняет системообразующую функцию в экономике, обеспечивая правовую определенность хозяйственного оборота, защиту прав собственности и снижение транзакционных издержек взаимодействия экономических агентов [12, с. 93], что придает его макроэкономическому анализу не только отраслевое, но и общеэкономическое значение.

Таблица 1

Основные макроэкономические показатели рынка юридических услуг Российской Федерации в 2010–2024 гг.

Показатель	2010	2015	2020	2023	2024
1	2	3	4	5	6
Объемные показатели					
Объем платных юруслуг, млн руб.	84617	96497	108346	155168	164959
Объем платных юридических услуг на душу населения, руб.	592	657	734	1061	1129
Удельный вес юридических услуг в общем объеме платных услуг, %	1,7	1,2	1,2	1,0	0,9
Индекс физического объема, % к пред. г.	112,0	116,0	102,8	108,2	103,8
Ценовые показатели					
ИПЦ на услуги правового характера (% к пред. г.), %	112,0	116,0	102,8	108,2	103,8
Средняя цена удостоверения завещания в нотариальной конторе, руб. за услугу	597,41	1301,61	1939,35	2607,61	2583,43
Средняя цена устной консультации юриста по семейным вопросам, руб.	-	754,09	981,11	1161,08	1317,80
Средняя цена оформления доверенности в нотариальной конторе, руб. за услугу	-	-	1657,69	2152,75	2201,51
Показатели занятости и оплаты труда					
Численность адвокатов, чел.	65111	71144	75196	75871	76020
Численность нотариусов, чел.	7576	7921	7906	8197	8187
Среднемесячная номинальная начисленная зарплата работников организаций по ОКВЭД 69, руб.	26687	40026	53732	68858	75049

Источник: составлено автором по данным Росстата [13]

В рамках отраслевого уровня анализа исследуем объемные, динамические и ценовые показатели юридических услуг, аккумулируемые Росстатом в форме № 1-услуги «Сведения об объеме платных услуг населению» и публикуемые в статистическом сборнике «Платное обслуживание населения в России»: объем и динамику спроса на услуги (объем платных услуг, индекс физического объема, удельный вес в структуре платных услуг); ценовую конъюнктуру (индексы потребительских цен и средние цены на отдельные виды услуг); состояние занятости и оплаты труда (численность адвокатов и

нотариусов, средняя заработная плата по ОКВЭД 69) [13]. Сводные данные по указанным показателям за период 2010–2024 гг. представлены в табл.1.

На основе данных табл. 1 можно выделить следующие ключевые закономерности макроэкономической динамики рынка юридических услуг Российской Федерации в период 2010–2024 гг.:

во-первых, отрасль демонстрирует устойчивый номинальный рост при одновременном снижении своей доли в структуре платных услуг. Абсолютный объем платных юридических услуг увеличился с 84,6 млрд руб. в 2010 г. до 165,0 млрд руб. в 2024 г., что в номинальном выражении соответствует росту в 1,95 раза. Однако удельный вес юридических услуг в общем объеме платных услуг населению за тот же период сократился с 1,7% до 0,9%, то есть практически вдвое. Это свидетельствует о том, что юридический сектор развивается медленнее, чем сфера платных услуг в целом, уступая место другим, более динамичным сегментам (медицинские, образовательные, телекоммуникационные услуги). Данный тренд не является следствием падения спроса в абсолютном выражении, а отражает структурный сдвиг в потребительских предпочтениях и относительное снижение социально-экономической значимости юридических услуг в структуре потребительских расходов населения;

во-вторых, ценовая структура юридических услуг демонстрирует выраженную дифференциацию. Средняя цена удостоверения завещания выросла с 597 руб. в 2010 г. до 2583 руб. в 2024 г. (рост в 4,3 раза), тогда как средняя цена устной консультации юриста по семейным вопросам увеличилась с 754 руб. в 2015 г. до 1318 руб. в 2024 г. (рост в 1,75 раза). Наибольший ценовой рост характерен для нотариальных услуг (завещание и доверенность), что может объясняться как регуляторными факторами (нотариальный тариф), так и низкой конкуренцией в этом сегменте в силу адвокатской монополии. Напротив, устные юридические консультации, где барьеры входа минимальны, дорожали значительно медленнее, что свидетельствует о более высоком уровне конкуренции и стандартизации предложения в этом сегменте;

в-третьих, рынок труда в юридическом секторе демонстрирует экстенсивный характер роста. Численность адвокатов с действующим статусом увеличилась с 65,1 тыс. чел. в 2010 г. до 76,0 тыс. чел. в 2024 г., то есть на 16,7% за 14 лет, тогда как численность нотариусов за аналогичный период выросла лишь на 8,1% (с 7576 до 8187 чел.). Среднемесячная номинальная заработная плата в отрасли (ОКВЭД 69) увеличилась с 26,7 тыс. руб. в 2010 г. до 75,0 тыс. руб. в 2024 г., что в номинальном выражении соответствует росту в 2,8 раза. Однако сопоставление динамики оплаты труда с динамикой выручки позволяет сделать вывод: если средняя зарплата выросла в 2,8 раза, а объем услуг на душу населения - лишь в 1,9 раза, то рост оплаты труда в значительной степени финансируется не за счет роста производительности, а за счет перераспределения выручки в пользу трудовых ресурсов, что увеличивает нагрузку на себестоимость и ограничивает инвестиционные возможности предприятий.

Таким образом, проведенный макроэкономический анализ позволяет зафиксировать ряд системных диспропорций рынка юридических услуг Российской Федерации:

- устойчивое снижение доли юридических услуг в структуре платных услуг населению при одновременном номинальном росте абсолютных объемов;
- преобладание ценового фактора над физическим в формировании динамики выручки;
- дифференциация ценовых трендов в зависимости от степени регулируемости и конкурентности сегмента;
- опережающий рост заработной платы по отношению к росту производительности труда, что ведет к росту зарплатоемкости отрасли и снижает инвестиционный потенциал;
- экстенсивный характер роста занятости при отсутствии признаков технологической модернизации, фиксируемых на макроуровне.

В совокупности эти факты формируют эмпирическое обоснование необходимости перехода к новой модели управления бизнес-процессами, ориентированной на рост интенсивных факторов производства и снижение доли административно-трудовых издержек в структуре себестоимости юридической услуги.

По данным Росстата [13], структура объема платных юридических услуг, оказанных населению, выглядит следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Структура объема юридических услуг, оказанных населению, по федеральным округам, по состоянию на апрель 2024 г.

Федеральный округ	Объем услуг в денежном выражении, тыс. руб.	Доля в общем объеме по РФ, % (расчетно)
Центральный федеральный округ	4 401 100,1	34,5%
Приволжский федеральный округ	2 097 068,5	16,4%
Южный федеральный округ	1 482 960,1	11,6%
Северо-Западный федеральный округ	1 368 221,8	10,7%
Уральский федеральный округ	1 122 891,1	8,8%
Сибирский федеральный округ	1 111 521,9	8,7%
Дальневосточный федеральный округ	695 611,8	5,5%
Северо-Кавказский федеральный округ	473 091,1	3,7%
Всего по РФ:	12 752 466,4	100%

Источник: данные Росстата [13]

Включение новых регионов в анализ обусловлено их интеграцией в правовое и экономическое пространство РФ, что создаёт как новые возможности, так и новые вызовы для рынка юридических услуг. Исследование цифровой трансформации публичных финансов [14, с. 122] формирует методологическую основу для анализа региональных аспектов рынка юридических услуг, поскольку цифровизация бюджетных процессов и государственных закупок непосредственно влияет на спрос на юридические услуги для государственных и муниципальных нужд, в том числе в новых регионах Российской Федерации.

Использование отраслевых обзоров коммерческих баз данных, содержащих финансовые показатели отдельных организаций с возможностью формирования выборок по ОКВЭД [15], в том числе содержащих данные Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства [16] позволили структурировать сведения о количестве хозяйствующих субъектов с основным видом экономической деятельности по ОКВЭД 69.10 «Деятельность в области права» в разрезе новых субъектов Российской Федерации за период 2016-2026 гг. (табл. 3).

Таблица 3

Численность организаций и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих деятельность в области права (ОКВЭД 69.10), в новых регионах Российской Федерации

Год	ДНР		ЛНР		Запорожская область		Херсонская область		% от всех регионов РФ	
	Юр. лица	ИП	Юр. лица	ИП	Юр. лица	ИП	Юр. лица	ИП	Юр. лица	ИП
2016	948		545		61		37		1,26	-
2017	686		506		38		38	6	1,0	0,004
2018	336		418		39		32		0,65	-
2019	307		157		63		28	3	0,42	0,001
2020	220	68	140	32	55	15	34		0,37	0,05
2021	216	127	155	81	95	14	69	18	0,36	0,08
2022	1052	3983	1457	5919	377	1629	140	573	1,77	3,56
2023	1513	27603	945	16962	1024	6570	555	3167	2,08	11,12
2024	1512	6359	966	4145	635	3326	484	1798	1,99	2,49
2025	898	8284	684	5154	433	2529	363	1184	1,34	1,9
2026	451	4071	277	2535	154	977	143	498	0,99	1,39
2026 (прогноз)	763	6801	469	4292	260	1654	242	843	1,01	1,38

Источник: данные выборок по ОКВЭД [15] и Единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства [16]

Анализ динамики численности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, зарегистрированных по ОКВЭД 69.10 «Деятельность в области права» в новых регионах Российской Федерации (ДНР, ЛНР, Запорожская и Херсонская области) за период 2016–2026 гг., выявляет несколько закономерностей. В предшествующий вхождению в состав РФ период (2016-2021 гг.) наблюдалась устойчивая тенденция к снижению числа юридических лиц в данных регионах, что отражало экономическую нестабильность и институциональную неопределенность. Резкий рост показателей в 2022-2023 гг. (юридические лица с 1568 до 4037, индивидуальные предприниматели с 6659 до 54302) связан с процессами интеграции новых субъектов в правовое поле Российской Федерации, включая перерегистрацию бизнеса и приведение правового статуса в соответствие с российским законодательством. Однако уже в 2024-2025 гг. наступает фаза коррекции: число юридических лиц сокращается на 40,5% (с 4037 до 2378), а индивидуальных предпринимателей - на 68,5% (с 54302 до 17151). Данная динамика свидетельствует о завершении переходного периода и естественном отсеве субъектов, не соответствующих новым регуляторным требованиям либо утративших экономическую целесообразность деятельности. Прогнозируется дальнейшее снижение как юридических лиц, так и индивидуальных предпринимателей, что может указывать на стабилизацию рынка юридических услуг в новых регионах на уровне, соответствующем их экономическому потенциалу и численности населения. Примечательно, что доля новых регионов в общероссийской численности юридических лиц по ОКВЭД 69.10 достигла пика в 2,08% в 2023 г., а к 2025 г. снизилась до 1,34%, что сопоставимо с показателями регионов аналогичной экономической структуры.

Необходимо также учитывать, что представленные данные отражают численность организаций и предпринимателей, в чьих учредительных документах или реестровых записях присутствует код ОКВЭД 69.10, однако во многих случаях данный код не является основным видом экономической деятельности. Российская система статистического учета позволяет субъектам предпринимательства указывать несколько кодов ОКВЭД, при этом деятельность в области права может быть заявлена как дополнительная наряду с основными видами (например, консалтингом, бухгалтерскими услугами, оценкой, арендой, торговлей или

строительством). Следовательно, реальное число организаций, для которых юридическая деятельность является профильной и приносящей основной доход, может быть существенно ниже приведенных цифр. Это особенно актуально для регионов с неразвитой институциональной средой, где наличие лицензионного кода ОКВЭД не всегда коррелирует с фактическим оказанием юридических услуг. Таким образом, анализ отражает не столько объем рынка юридических услуг в новых регионах, сколько потенциальную емкость бизнес-среды с формальным доступом к данному виду деятельности, что требует осторожности при интерпретации данных.

Новые регионы формируют дополнительный сегмент спроса на юридические услуги, связанный с интеграционными процессами, перерегистрацией бизнеса и приведением правового статуса в соответствие с российским законодательством

Таким образом, можно сделать вывод, что рынок юридических услуг Российской Федерации находится на этапе структурной трансформации и характеризуется переходом от экстенсивной модели роста, основанной на ценовом факторе и расширении занятости, к интенсивной модели, ориентированной на рост производительности, технологическую модернизацию и повышение качества услуг. Успешность этого перехода будет определяться способностью отрасли адаптироваться к новым экономическим реалиям, развивать высокомаржинальные специализированные направления и эффективно интегрировать цифровые технологии в бизнес-процессы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методических подходов к более точной идентификации юридической деятельности в системе национальных счетов, а также на углублённый анализ региональных стратегий развития рынка юридических услуг с учётом специфики новых субъектов Российской Федерации.

Литература

1. Размер и доля рынка юридических услуг, анализ роста на период 2025-2034 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/legal-services-market (дата обращения 05.08.2026)
2. Ангелина, И. А. Публичные финансы в формировании понятийно-категориального аппарата финансовой теории / И. А. Ангелина, А. А. Градинарова // Сборник научных работ серии "Финансы, учет, аудит". – 2021. – № 3(23). – С. 5-18. – DOI 10.5281/zenodo.5778744. – EDN HXWEMO.
3. За 2021-2025 гг оборот рынка юридических услуг в России вырос на 41%: с 279 до 392 млрд рублей. [Электронный ресурс]. – https://businesstat.ru/news/legal_services/ (дата обращения 05.08.2026)
4. Капранова, Л. Д. Реакция российского бизнеса на санкции в цифрах: путь к росту и развитию в условиях давления / Л. Д. Капранова, Е. Р. Шеховцова // Экономинфо. – 2025. – Т. 20, № 1. – С. 60-68. – EDN KVOWMM.
5. Смотрицкая, А. Г. Правовое регулирование трансграничных сделок по приобретению и отчуждению активов корпораций / А. Г. Смотрицкая // Налоговая политика и практика. – 2025. – № 5(269). – С. 36-39. – EDN KLJBXJ.
6. Кольцов, М. А. Актуальные аспекты комплаенс-сопровождения сделок M&A в энергетическом секторе / М. А. Кольцов, Н. А. Кольцов, Н. А. Проданова // Бухгалтерский учет и налогообложение в бюджетных организациях. – 2025. – № 3(238). – С. 31-38. – EDN XMUKCY.
7. Отдельные вопросы правового регулирования использования технологий искусственного интеллекта / А. А. Минина, О. А. Перепадя, Е. В. Сердюкова, А. А. Чуниха // Право и государство: теория и практика. – 2024. – № 11(239). – С. 287-290. – DOI 10.47643/1815-1337_2024_11_287. – EDN OVSUGB.
8. Неверов, А.Я. О месте и роли юридического образования в образовательной системе Российской Федерации / А.Я. Неверов // Российская юстиция. – 2024. - № 6. – С. 54-61. - DOI 10.52433/01316761_2024_06_54. – EDN IOVMXS
9. Рагулин, А. В. 24 часа юридического сопротивления: продолжение антимонопольного марафона Национального профсоюза юристов / А. В. Рагулин // Евразийская адвокатура. – 2025. – № 4(75). – С. 63-70. – DOI 10.52068/2304-9839_2025_75_4_63. – EDN OIJGRI.
10. Russian Its in Crisis // Traffic Technology International. – 2023. – Vol. 2023, No. 1. – P. 6-8. – DOI 10.12968/s1356-9252(23)40611-9. – EDN NPCEDG.
11. Шапсугова, М. Д. О понятии «экономическая деятельность» в частном праве / М. Д. Шапсугова // Северо-Кавказский юридический вестник. – 2023. – № 1. – С. 102-108. – DOI 10.22394/2074-7306-2023-1-1-102-108. – EDN XPJAGM.
12. Левшукова, Ю. С. Правовые средства обеспечения реализации экономической функции государства / Ю. С. Левшукова // Евразийский юридический журнал. – 2025. – № 7(206). – С. 92-94. – EDN SRZOLO.
13. Статистические издания. Платное обслуживание населения в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13235 (дата обращения 03.08.2026)
14. Градинарова, А. А. Цифровая трансформация публичных финансов: опыт для Донецкой Народной Республики / А. А. Градинарова // Вестник Института экономических исследований. – 2021. – № 4(24). – С. 120-128. – EDN WSEDZL.
15. ОКВЭД - 69.10 Деятельность в области права [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://b2b.house/companies/okved/69.10/ (дата обращения 05.08.2026)
16. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rmsp.nalog.ru/statistics.html (дата обращения 05.08.2026)
17. Градинарова, А. А. Модель оптимизации бизнес-процессов в сфере юридических услуг / А. А. Градинарова, С. В. Корниенко // Научный журнал "Государственное управление и право". – 2025. – № 4(8). – С. 234-247. – EDN RZQCPH.

Macroeconomic analysis and structural parameters of the legal services market in the russian federation in national and regional aspects

Kornienko S.V.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhail Tugan-Baranovsky

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article reveals the methodological challenges of identifying legal activity as an independent object of statistical observation. An analysis of global trends in the legal services market is carried out, and the key factors driving its growth are identified: institutional, economic, and technological. Systemic market imbalances have been identified: a steady decline in the share of legal services in the structure of paid services provided to the population, despite nominal growth in absolute volumes; the predominance of the price factor over the physical factor; the differentiation of price trends across segments; wage growth outpacing labour productivity; and the extensive nature of employment growth. Special attention is paid to the regional aspect, including the dynamics of the number of organizations and individual entrepreneurs engaged in legal activities in the new regions of the Russian Federation (DPR, LPR, Zaporizhzhia and Kherson regions). It has been established that after a sharp increase in indicators in 2022–2023, associated with the integration of new entities into the legal framework of the Russian Federation, a correction phase begins, reflecting the completion of the transitional period and the stabilization of the market.

Keywords: legal services, legal services market, business process, macroeconomic analysis, structural parameters.

References

1. Legal services market size and share, growth analysis for the period 2025-2034 [electronic resource]. – Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/legal-services-market (дата обращения 05.08.2026)
2. Angelina, I. A. Public finance in the formation of the conceptual and categorical apparatus of financial theory/I. A. Angelina, A. A. Gradinarova // Collection of scientific works of the series "Finance, Accounting, Audit." – 2021. – № 3(23). - S. 5-18. – DOI 10.5281/zenodo.5778744. – EDN HXWEMO.
3. For 2021-2025, the turnover of the legal services market in Russia grew by 41%: from 279 to 392 billion rubles. [Electronic resource]. - https://businesstat.ru/news/legal_services/ (date of application 05.08.2026)
4. Kapranova, L. D. The reaction of Russian business to sanctions in numbers: the path to growth and development under pressure/L. D. Kapranova, E. R. Shekhovtsova//Econominfo. – 2025. - T. 20, NO. 1. - S. 60-68. – EDN KVOWMM.
5. Smotritskaya, A. G. Legal regulation of cross-border transactions for the acquisition and alienation of corporate assets/A. G. Smotritskaya//Tax policy and practice. – 2025. – № 5(269). - S. 36-39. – EDN KLJBXJ.

Инновационное развитие машиностроения на основе цифровых двойников и предиктивного мониторинга состояния технологического оборудования

Куровский Станислав Валерьевич
Руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», 8917564@gmail.com,

Мишин Денис Александрович
Руководитель редакционно-издательского отдела ООО «Высшая Школа Образования», 9651530@gmail.com,

Ласкин Евгений Петрович
аспирант, кафедра обработки металлов давлением, Институт авиационной и ракетно-космической техники, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, laskin.eva@yandex.ru

Возрастание сложности технологического оборудования и требований к выполнению производственных процессов обусловливают необходимость интеграции элементов предиктивного мониторинга и применения цифровых двойников в машиностроении. **Цель исследования** состоит в разработке организационно-технологического подхода к построению цифрового двойника оборудования. **Методология** включает анализ диагностических параметров станочного оборудования, систематизацию данных о вибрации, температуре, нагрузке приводов, а также формирование многоуровневой архитектуры цифрового двойника и алгоритма его внедрения. **Результаты** представлены архитектурой, объединяющей физическое оборудование, средства сбора данных, цифровую модель, предложенная авторами последовательность внедрения предусматривает технический аудит, построение базовой модели состояния и интеграцию с системами ТОиР и MES. **Практическая значимость** заключается в возможности использования предложенного подхода для сокращения внеплановых простоев и совершенствования планирования технического обслуживания на машиностроительных предприятиях.

Ключевые слова: машиностроение, цифровой двойник, технологическое оборудование, металлорежущий станок, ЧПУ, предиктивный мониторинг, техническое состояние, диагностика, остаточный ресурс.

Введение

Современное машиностроительное производство предъявляет к технологическому оборудованию одновременно несколько требований, согласно которым станок должен сохранять устойчивость при изменении режимов резания деталей, работать с минимальным числом незапланированных остановок и предоставлять данные, необходимые для технического обслуживания. Чем выше степень автоматизации производственного участка, тем больше влияние технического состояния отдельной единицы оборудования на функционирование технологической цепочки [1]. При остановке обрабатывающего центра в серийном производстве возникает нарушение производственного ритма, увеличивается вероятность отклонения от календарного графика выпуска продукции.

Для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), роботизированных ячеек и автоматизированных линий становится актуальным постоянное наблюдение за изменением параметров, связанных с работой шпиндельных узлов, приводов подачи, гидравлических и охлаждающих систем [2]. Целесообразно связать измеряемые параметры с конкретным физическим объектом, допустимыми изменениями характеристик.

В российской нормативной базе данный подход получил развитие в ГОСТ Р 71240-2024, который распространяется на организацию технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования по техническому состоянию [3]. Стандарт ориентирован как на отдельные единицы оборудования, так и на цеха, производственные участки, станочный парк предприятия в целом. Введённый в действие с 01.02.2026 года ГОСТ Р 72424-2025 развивает эти положения в рамках цифрового двойника станочного парка, чтобы объединить сведения о состоянии оборудования, результаты мониторинга, эксплуатационные и ремонтные данные, в дальнейшем использовать их при планировании технического обслуживания [4].

Международные исследования рассматривают цифровой двойник в качестве средства синхронизации станка и его виртуального представления, контроля динамических процессов, так, С. Лиу, Дж. Бао, П. Женг показывают, что развитие цифровых двойников в механической обработке связано с переходом к моделям, которые могут сопровождать процесс резания и поддерживать интеллектуальные функции управления [7]. Вместе с тем в исследованиях по предиктивному обслуживанию цифровой двойник часто объединяется с методами оценки текущего состояния и прогнозирования остаточного ресурса [8], [9].

В контексте российского машиностроения обновленная Стратегия развития обрабатывающей промышленности предусматривает увеличение технологических инноваций и производительности в обрабатывающих производствах [1]. Стратегическое направление цифровой трансформации обрабатывающих отраслей включает проекты «Умное производство» и «Цифровой инжиниринг» и ориентирует промышленность на применение управления на основе данных [2]. При этом в условиях новой экономической реальности цифровизация машиностроительного производства начинается с конкретного оборудования, параметров его работы.

Цель исследования – разработка организационно-технологического подхода к применению цифрового двойника и предиктивного мониторинга для управления техническим состоянием оборудования машиностроительного предприятия.

Научная новизна работы состоит в представлении цифрового двойника как звена, связующего измеряемые параметры технического состояния, средства прогнозирования отказов и производственные решения. В концептуальной модели, предлагаемой авторами, цифровой двойник объединяет сведения о фактическом состоянии оборудования, технологической точности, истории обслуживания.

Современные направления цифровой трансформации машиностроения

Техническая база машиностроительного предприятия неоднородна, поскольку в пределах одного цеха одновременно могут эксплуатироваться металлорежущие станки, станки с ЧПУ разных поколений, роботизированные комплексы. Различаются пользовательские интерфейсы, возраст оборудования и возможности установки дополнительных датчиков.

Значимым объектом цифрового контроля выступает металлорежущий станок, на котором формируются геометрия и значительная часть качественных характеристик детали. Изменение состояния шпиндельного узла, направляющих, приводов подачи или инструмента может проявляться повышением вибрации, нагревом, постепенным ухудшением точности. Некоторые из указанных изменений развиваются медленно, станок продолжает выполнять заданную программу, несмотря на то, что его запас его нормального технического состояния сокращается.

В системе планово-предупредительного ремонта момент обслуживания оборудования взаимосвязан с календарным сроком или наработкой, что объяснимо для определенных операций, но не всегда отражает фактический характер деградации оборудования. Так, две однотипные единицы станочного

парка могут иметь одинаковый срок эксплуатации, при этом работать с различной нагрузкой, обрабатывать разные материалы и отличаться по фактическому состоянию.

ГОСТ Р 71240-2024 закрепляет возможность использовать результаты мониторинга технического состояния станочного парка, контроля технологической точности и безразборной диагностики при формировании ремонтных решений [3], тем самым, данные становятся составляющей системы технического обслуживания.

Цифровой двойник усиливает данный подход, по ГОСТ Р 72424-2025 включающий модели отдельных единиц оборудования, производственные информационные связи, архивы ремонтных и эксплуатационных данных. Кроме того, предусматривается постоянное обновление цифрового представления по мере изменения состояния физических объектов, указано среди возможных функций прогнозирование отказов, предиктивное обслуживание и мониторинг [4].

В международной практике базовые требования к архитектуре цифрового двойника производства закрепления серия ISO 23247, анализ которой показывает, что стандарт задаёт структуру, которую можно адаптировать к дискретным и непрерывным типам производства [6]. В 2026 году был принят ISO 23247-6, где выделены варианты объединения виртуальных моделей, а также определены подходы к взаимодействию цифровых двойников, созданных разными разработчиками [5].

Методы предиктивного мониторинга технического состояния оборудования

Для станочного оборудования исходными данными служат параметры, физически связанные с работой контролируемых узлов. При контроле шпиндельного узла информативны вибрационные и температурные характеристики. Изменение спектрального состава вибрации может указывать на нарушение состояния подшипников, дисбаланс или изменение жёсткости соединений, при этом температурный сигнал развивается медленнее, чтобы фиксировать динамику условий трения и охлаждения.

Режущий инструмент – расходуемый элемент, однако его износ влияет на качество обработки и нагрузку станка, для оценки которого применяются акустические, вибрационные, электрические сигналы. Для цифрового двойника состояния инструмента CNC З. Сао в соавт. использовали температуру, вибрацию и ток шпинделя. Объединение этих каналов было связано с решением задач распознавания состояния и прогноза остаточного ресурса инструмента [13].

В условиях машиностроительного производства диагностические сигналы редко бывают стационарными, потому что один станок выполняет несколько операций, меняются глубина резания, режущий инструмент, частота вращения [14], [15]. Резюмируя, авторы предлагают разделить данные цифрового двойника на четыре группы:

1) паспортные характеристики;

2) история эксплуатации;

3) текущие сигналы;

4) производственные данные, в частности, выполняемая операция, инструмент, производственное задание.

Чтобы осуществить первичную оценку состояния, целесообразно использовать нормированную величину отклонения диагностического параметра в контексте формулы (1):

$$d_i = \min[1; \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_{i\text{доп}}}] \quad (1)$$

где

x_i – текущее значение диагностического признака;

x_{i0} – опорное значение для сопоставимого режима;

$\Delta x_{i\text{доп}}$ – установленный допустимый диапазон отклонения.

На этой основе может рассчитываться обобщённый индекс состояния по формуле (2):

$$H = 1 - \sum_{i=1}^{n} w_i d_i \quad (2)$$

где

w_i – диагностическая значимость соответствующего параметра.

Модели прогноза остаточного ресурса (RUL) строятся сложнее, исходя из объекта, применяются физические модели деградации, статистические методы, алгоритмы машинного обучения. Так, машинное обучение в системах цифрового двойника может быть использовано для прогнозирования отказов и распознавания состояния, но качество результата зависит от корректного соединения модели с физическим объектом [9], [16].

В рамках вращающегося оборудования перспективным считается гибридный подход, когда алгоритм обработки данных обусловливает решение актуальных задач интеграции физических и управляемых моделей, повышение точности виртуального представления объектов [11]. Аналогичные ограничения отмечаются в работе Дж. Вея, где сложность представляет получение высокой точности модели, её перенос на другие режимы и оборудование [12].

Архитектура цифрового двойника технологического оборудования

Архитектура цифрового двойника соответствует структуре производственного объекта (рисунок 1).

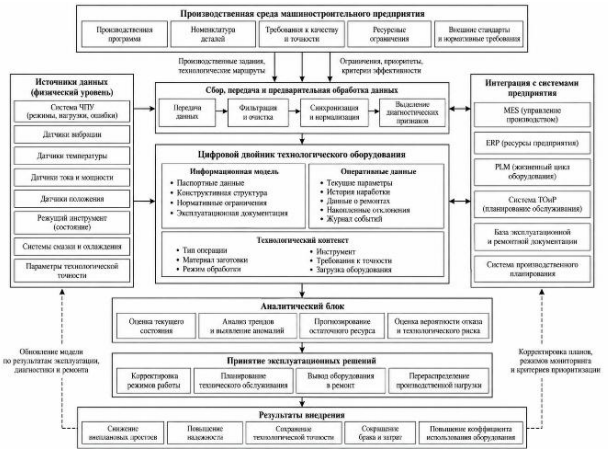


Рисунок 1 – Архитектура цифрового двойника технологического оборудования машиностроительного предприятия (источник: разработано авторами)

Для диагностики актуальна временная синхронизация, если вибрационный сигнал записан отдельно, а параметры режима резания с другим временным шагом, то некоторые зависимости будут потеряны.

Целесообразно разделять техническую и технологическую точность. Станок может оставаться работоспособным с механической точки зрения, но не иметь возможности обеспечить нормативную точность обработки.

В условиях цеха состояние оборудования взаимозависимо с производственным маршрутом. В контексте ISO 23247-6:2026 [5] формализуются варианты композиции нескольких цифровых двойников, чтобы интегрировать взаимообусловленные производственные представления в модели.

Алгоритм внедрения цифровых двойников на машиностроительном предприятии (таблица 1).

Таблица 1
Последовательность внедрения цифрового двойника технологического оборудования

Этап	Содержание	Исходные данные	Практический результат
Технический аудит	Выбор объектов и характерных отказов	Состав парка	Определение пилотной группы
		Ремонты	
		Простои	
		Технологические маршруты	
Цифровой паспорт	Объединение технических сведений	Паспорт	Идентифицированная модель оборудования
		Документация	
		История ТОиР	
Сенсоризация	Подключение недостающих каналов	Данные ЧПУ и внешних датчиков	Наблюдение технических параметров
Базовая модель	Описание нормальных режимов	Вибрация	База для выявления отклонений
		Температура	
		Ток	
		Режимы обработки	
Предиктивный мониторинг	Оценка трендов и прогноз состояния	Текущие и исторические данные	Раннее выявление ухудшения
Интеграция с ТОиР и MES	Передача результата в рабочие процессы	Диагностическое событие	Планирование обслуживания
		Производственный план	
Масшта-бирование	Расширение на участок и цех	Проверенные модели и регламенты	Управление состоянием станочного парка

Источник: разработано авторами.

Концептуальный подход согласуется с отечественной моделью технического обслуживания по состоянию оборудования, в частности, ГОСТ Р 71240-2024 исходит из необходимости получать информационные сведения о состоянии оборудования и использовать их при планировании ремонта [3], а в документе ГОСТ Р 72424-2025 обозначено цифровое представление станочного парка, в котором могут объединяться технологическая плотность, мониторинг состояния, данные о затратах [4].

Оценка результатов применения цифровых двойников в машиностроении

Результат внедрения цифрового двойника следует оценивать, начиная с технических показателей:

1) количество и продолжительность внеплановых остановок оборудования;

2) среднее время между отказами;

3) среднее время восстановления работы оборудования;

4) уровень качества;

5) коэффициент эффективности оборудования.

Задача предиктивного мониторинга заключается в том, чтобы обнаружить развитие проблемы раньше и перенести ремонтные работы из аварийного режима в плановый. Увеличение среднего значения времени между отказами может свидетельствовать о своевременном техническом вмешательстве, тем не менее, показатель нужно оценивать на сопоставимом временном горизонте и с учётом фактической загрузки оборудования.

Цифровой двойник может косвенно влиять на промежуток времени восстановления работы оборудования. Наличие истории состояния, информационных сведений о предшествующих ремонтах и локализации вероятного физического дефекта сокращает время диагностического поиска [17], [18].

Для станочного оборудования целесообразно контролировать число отклонений, обусловленных техническим состоянием оборудования или режущего инструмента. Если модель цифрового двойника помогает раньше обнаружить ухудшение технологической точности, результат проявляется в снижении риска выпуска несоответствующей стандартам качества продукции [19].

Коэффициент эффективности оборудования объединяет степень качества, доступности, а также производительность, при этом его использование в системе показателей предусматривает, что изменение может быть обусловлено графиком машиностроительного производства, организацией смены.

В академических исследованиях [11-13] обозначено, что цифровые двойники в диагностике вращающегося оборудования развиваются в сторону сочетания мониторинга, классификации состояния и прогноза RUL. Экономическая оценка результативности должна строиться на изменениях, которые предприятие зафиксировало после внедрения, в контексте формулы (3):

$$E = \Delta L_{\text{пр}} + \Delta C_{\text{бр}} + \Delta C_{\text{рем}} + C_{\text{цд}} \qquad (3)$$

где

E – результирующий эффект;

$\Delta L_{\text{пр}}$ – снижение потерь по причине внеплановых производственных простоев;

$\Delta C_{\text{бр}}$ – снижение затрат, связанных с браком из-за технического состояния оборудования;

$\Delta C_{\text{рем}}$ – изменение затрат на аварийные и плановые ремонты;

$C_{\text{цд}}$ – затраты на эксплуатацию цифрового двойника в рассматриваемом периоде.

В функционировании машиностроительных предприятий целесообразно учитывать стоимость нарушения производственного маршрута, если отказ произошёл на станке, имеющем свободный резерв, последствия будут ограниченными [20], [21]. Другими словами, цифровой двойник должен содержать признак производственной критичности единицы оборудования, что также предусмотрено действующим российским стандартом ГОСТ [4].

Отечественная промышленная политика связывает цифровую трансформацию обрабатывающих отраслей с развитием умного производства и управления на основе данных [2]. На уровне машиностроительного предприятия нужно решить задачу достоверного представления состояния оборудования и использования его при эксплуатации.

Для эмпирической оценки предложенного подхода авторами выполнен расчёт параметров для производственной машиностроительной группы, включающей 10 обрабатывающих центров с ЧПУ. Временной горизонт – 1 год. Оборудование эксплуатируется в двухсменном режиме по 8 часов в течение 250 рабочих дней, плановый фонд времени составляет 40 тыс. станко-часов. До внедрения системы объём внеплановых простоев принят на уровне 3,2 тыс. станко-часов в год, что соответствует 8% планового фонда времени (таблица 2).

Таблица 2

Технические и производственные результаты внедрения цифрового двойника

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение	Относительное изменение, %
Количество обрабатывающих центров с ЧПУ, ед.	10	10	–	–
Режим эксплуатации	2 смены по 8 ч	2 смены по 8 ч	–	–
Количество рабочих дней в год	250	250	–	–
Плановый фонд времени, станко-ч/год	40 000	40 000	–	–
Внеплановые простои, станко-ч/год	3 200	1 950	-1 250	-39,1
Доля внеплановых простоев в плановом фонде времени, %	8,0	4,9	-3,1 п.п.	-38,8
Средняя наработка между отказами MTBF, ч	118	164	+46	+39,0
Среднее время восстановления MTTR, ч	5,6	3,9	-1,7	-30,4
Годовой объем выпуска, деталей	50 000	50 000	–	–
Доля брака, %	2,7	1,6	-1,1 п.п.	-40,7
Количество дефектных деталей, ед./год	1 350	800	-550	-40,7
Коэффициент доступности оборудования A	0,890	0,935	+0,045	+5,1
Коэффициент производительности P	0,820	0,840	+0,020	+2,4
Коэффициент качества Q	0,973	0,984	+0,011	+1,1
OEE, %	71,0	77,3	+6,3 п.п.	+8,8

Источник: разработано авторами.

Влияние мониторинга технического состояния проявляется в надежности и качестве обработки. При исходной доле брака 2,7% количество несоответствующих изделий составляет 1 350 единиц. После внедрения контроля состояния инструмента, технологической точности и параметров станка доля брака равна 1,6%, что соответствует 800 деталям. В абсолютном выражении предотвращается выпуск 550 дефектных изделий в год, а относительное снижение уровня брака составляет 40,7%.

Отношение совокупного валового эффекта к затратам на внедрение составляет 1,92, при условии равномерного получения эффекта расчетный срок возмещения первоначальных затрат находится на уровне 6,3 месяца.

Перспективы развития цифровых двойников в машиностроении

Развитие цифровых двойников в краткосрочной перспективе обусловлено расширением состава используемых данных, в диагностике одного узла часто применяются один или два типа сигналов. В ходе изучения развитой системы состояние будет оцениваться одновременно по вибрации, нагрузке приводов, температуре. На промышленном предприятии датчик может быть неправильно установлен, а сигнал – временно отсутствовать.

Физическая модель помогает ограничить область возможных состояний и делает результат интерпретируемым. В исследованиях [11], [12] объединение физических и основанных на данных моделей – одно из основных направлений дальнейшего развития диагностики с использованием цифровых двойников.

Для сигналов с высокой частотой дискретизации передача массива данных в централизованное хранилище не всегда рациональна, Edge-устройство может рассчитывать спектральные признаки или первично выявлять аномалии в производственной системе. В центральную систему передаются подготовленные показатели и фрагменты сигнала, необходимые для последующего анализа.

Специалисту нужно понимать, какие параметры изменились, а практика технической диагностики подразумевает получение объяснимого результата, когда на основе вывода цифровой модели предполагается остановить производственные участки с оборудованием.

В машиностроительном производстве перспективна композиция из цифровых двойников станка, технологической операции и производственной площадки. Например, ухудшение состояния одного станка можно оценивать с учётом производственного задания, если прогноз показывает необходимость обслуживания через определенный интервал, система может проверить производственный план и выбрать момент, когда остановка минимально влияет на выпуск продукции.

Заключение

Согласно проведенному исследованию можно прийти к выводу, что цифровой двойник технологического оборудования целесообразно формулировать как развитие системы технического обслуживания по состоянию. В функционировании машиностроительного предприятия его практическая значимость определяется качеством связи между физическим станком, конкретным техническим решением, диагностическими данными.

Авторами предложена архитектура, в которой цифровой двойник включает пять взаимосвязанных уровней, чтобы разграничить предиктивный подход и систему мониторинга результатов. Цифровой двойник сочетает процессы фиксирования состояния и оценки направлений его изменения с физическим объектом и историей его эксплуатации.

Результативность цифрового двойника должна оцениваться по наблюдаемым изменениям, в том числе внеплановым производственным простоям, количеству физических дефектов, качеству предиктивных предупреждений. Экономический результат формируется на фоне технических изменений на производственном участке.

Дальнейшее развитие технологии связано с совместным использованием физических и основанных на данных моделей, обработкой информации в производственной системе, прогнозированием сохранения технологической точности, объединением цифровых двойников отдельных станков на уровне цеха.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.09.2023 № 2436-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.06.2020 № 1512-р» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407545698/ (дата обращения: 18.09.2026).

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 07.11.2023 № 3113-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к

сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и о внесении изменений в распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.law.ru/npd/doc/docid/1303633315/modid/99 (дата обращения: 18.09.2026).
3. ГОСТ Р 71240-2024. Станки металлорежущие. Организация технического обслуживания и ремонта станочного парка в формате «по техническому состоянию». Общие положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2024.
4. ГОСТ Р 72424-2025. Станки металлорежущие. Принципы построения цифрового двойника станочного парка предприятия. Основные положения. – М.: Институт стандартизации, 2026.
5. ISO 23247-6:2026 Automation system and integration – Digital twin framework for manufacturing – Part 6: Digital twin composition. – ISO, 2026.
6. Shao G., Frechette S., Srinivasan V. An analysis of the new ISO 23247 series of standards on digital twin framework for manufacturing // International manufacturing science and engineering conference. – American Society of Mechanical Engineers, 2023. – Т. 87240. – С. V002T07A001.
7. Liu S., Zheng P., Bao J. Digital Twin-based manufacturing system: a survey based on a novel reference model // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2024. – Т. 35. – №. 6. – С. 2517-2546.
8. Zhong D., Xia Z., Zhu Y., Duan J. Overview of predictive maintenance based on digital twin technology // Heliyon. - 2023. - Vol. 9. - No. 4. - e14534.
9. Chen C., Fu H., Zheng Y., Tao F., Liu Y. The advance of digital twin for predictive maintenance: The role and function of machine learning // Journal of Manufacturing Systems. - 2023. - Vol. 71. - P. 581-594.
10. Куровский С.В., Тазтдинов Д.И. Концепция использования инновационной технологии цифрового двойника в нефтегазовых корпорациях // Инновации и инвестиции. - 2024. - № 12. - С. 31-35.
11. Ma H., Fan C., Zhang Y., Wang Q., Yu K., Ma Z. Digital twin-inspired methods for rotating machinery intelligent fault diagnosis and remaining useful life prediction: A state-of-the-art review and future challenges // Mechanical Systems and Signal Processing. - 2025. - Vol. 232. - Art. 112770.
12. Wei J., Yan C., Liu Y., Liu B., Wu L. Digital twins assisted for fault diagnosis of rotating machinery: a review // Measurement. - 2025. - Art. 118843.
13. Cao Z., Chen L., Li C., Zhu L., Deng Z. Tool-Health Digital Twin for CNC Predictive Maintenance via Innovation-Adaptive Sensor Fusion and Uncertainty-Aware Prognostics // Machines. - 2026. - Vol. 14. - No. 3. - Art. 335.
14. Харисов Р. А., Исаев Ш. З., Латыпов А. М. Расчетная оценка кривых малоцикловой трещиностойкости металла труб // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. - 2012. - № 2. - С. 349-353. - EDN RPEQQB.
15. Харисов Р. А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем : специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Уфа, 2011. - 246 с. - EDN QFIFNH.
16. Харисов Р. А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем : специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Уфа, 2011. - 23 с. - EDN ORDYVX.
17. Зайнуллин Р. С., Харисов Р. А., Мухаметзянов А. Н. Оценка влияния низких температур на трещиностойкость сталей, применяемых в нефтегазовой отрасли // Нефтяное хозяйство. - 2017. - № 10. - С. 116-119. - DOI 10.24887/0028-2448-2017-10-116-119. - EDN ZPDYNJ.
18. Харисов Р. А., Хабирова А. Р., Мустафин Ф. М., Хабиров Р. А. Основные причины возникновения дефектов изоляционных покрытий // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. - 2005. - № 1. - С. 16. - EDN TWWMEP.
19. Харисов Р. А., Гаскаров А. И. Анализ причин возникновения дефектов защитных покрытий трубопроводов // Нефтегазовое дело. - 2009. - Т. 7. - № 2. - С. 106-111. - EDN PCFWHN.
20. Патент № 2205324 C1 Российская Федерация, МПК F16L 58/10. Конструкция изоляционной ленты трубопроводов : № 2002114022/06 : заявл. 30.05.2002 : опубл. 27.05.2003 / Ф. М. Мустафин, О. П. Квятковский, И. Ш. Гамбург, Р. А. Харисов, М. С. Квицинская, И. Р. Фархетдинов ; заявитель Уфимский государственный нефтяной технический университет. - EDN VBTIQJ.
21. Харисов Р. А., Кантемиров И. Ф. Оценка фактической степени напряженности элементов трубопроводных систем при эксплуатации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2011. - № 3(85). - С. 84-90. - EDN OEEBXD.

Innovative development of mechanical engineering based on digital twins and predictive monitoring of the condition of process equipment

Kurovsky S.V., Mishin D.A., Laskin E.P.
LLC "Higher School of Education", Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The increasing complexity of process equipment and the demands placed on manufacturing processes necessitate the integration of predictive monitoring elements and the use of digital twins in mechanical engineering. The objective of this study is to develop an organizational and technological approach to creating a digital twin of equipment. The methodology includes analyzing machine tool diagnostic parameters, systematizing data on vibration, temperature, and drive loads, as well as developing a multi-level digital twin architecture and an implementation algorithm. The results are presented as an architecture that integrates physical equipment, data collection tools, and a digital model. The authors' proposed implementation sequence includes a technical audit, the creation of a basic condition model, and integration with maintenance and repair systems and MES. The practical significance of this approach lies in the potential for reducing unscheduled downtime and improving maintenance planning at mechanical engineering enterprises.

Keywords: mechanical engineering, digital twin, technological equipment, metal-cutting machine, CNC, predictive monitoring, technical condition, diagnostics; residual resource.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation dated 09.09.2023 No. 2436-r "On Amending the Order of the Government of the Russian Federation dated 06.06.2020 No. 1512-r" [Electronic resource]. – Access mode: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407545698/ (date of access: 18.09.2026).
2. Order of the Government of the Russian Federation dated 07.11.2023 No. 3113-r "On Approval of the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of the Manufacturing Industries Related to the Sphere of Activity of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation and on Amending the Order of the Government of the Russian Federation dated June 6, 2020 No. 1512-r" [Electronic resource]. – Available at: https://www.law.ru/npd/doc/docid/1303633315/modid/99 (accessed: September 18, 2026).
3. GOST R 71240-2024. Metal-cutting machines. Organization of technical maintenance and repair of the machine tool fleet in the "based on technical condition" format. General provisions. – Moscow: Russian Institute of Standardization, 2024.
4. GOST R 72424-2025. Metal-cutting machines. Principles of constructing a digital twin of an enterprise's machine tool fleet. Basic provisions. – Moscow: Institute of Standardization, 2026.
5. ISO 23247-6:2026 Automation system and integration – Digital twin framework for manufacturing – Part 6: Digital twin composition. – ISO, 2026.
6. Shao G., Frechette S., Srinivasan V. An analysis of the new ISO 23247 series of standards on digital twin framework for manufacturing // International manufacturing science and engineering conference. – American Society of Mechanical Engineers, 2023. – T. 87240. – P. V002T07A001.
7. Liu S., Zheng P., Bao J. Digital Twin-based manufacturing system: a survey based on a novel reference model // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2024. – T. 35. – No. 6. – pp. 2517-2546.
8. Zhong D., Xia Z., Zhu Y., Duan J. Overview of predictive maintenance based on digital twin technology // Heliyon. - 2023. - Vol. 9. - No. 4. - e14534.
9. Chen C., Fu H., Zheng Y., Tao F., Liu Y. The advance of digital twin for predictive maintenance: The role and function of machine learning // Journal of Manufacturing Systems. - 2023. - Vol. 71. - P. 581-594.
10. Kurovsky S.V., Taztdinov D.I. The concept of using innovative digital twin technology in oil and gas corporations // Innovations and Investments. - 2024. - No. 12. - P. 31-35.
11. Ma H., Fan C., Zhang Y., Wang Q., Yu K., Ma Z. Digital twin-inspired methods for rotating machinery intelligent fault diagnosis and remaining useful life prediction: A state-of-the-art review and future challenges // Mechanical Systems and Signal Processing. - 2025. - Vol. 232. - Art. 112770.
12. Wei J., Yan C., Liu Y., Liu B., Wu L. Digital twins assisted for fault diagnosis of rotating machinery: a review // Measurement. - 2025. - Art. 118843.
13. Cao Z., Chen L., Li C., Zhu L., Deng Z. Tool-Health Digital Twin for CNC Predictive Maintenance via Innovation-Adaptive Sensor Fusion and Uncertainty-Aware Prognostics // Machines. - 2026. - Vol. 14. - No. 3. - Art. 335.
14. Kharisov R. A., Isaev Sh. Z., Latypov A. M. Calculation of low-cycle crack resistance curves of pipe metal // Electronic scientific journal Neftegazovoe Delo. - 2012. - No. 2. - P. 349-353. - EDN RPEQQB.

Влияние эксплуатационных показателей железнодорожной инфраструктуры на устойчивость транспортно-логистического комплекса

Леонов Андрей Алексеевич
начальник сектора, АО «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), djleonov@mail.ru,

Криничева Анастасия Эдуардовна
старший научный сотрудник, АО «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), ake93@yandex.ru

Работа раскрывает механизм, посредством которого эксплуатационные показатели инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, то есть грузонапряжённость, пропущенный тоннаж и размеры движения, определяют стоимость жизненного цикла объектов и через тарифную нагрузку передаются всем участникам транспортно-логистического комплекса. Систематизированы пять каналов такого воздействия, по которым нагрузка на сеть передаётся владельцу инфраструктуры, перевозчику, операторам подвижного состава, грузоотправителям и терминалам, и для двух из них построена нормативная функция затрат, связывающая продолжительность межремонтного цикла с грузонапряжённостью. По данным Росстата за 2015–2025 годы установлено, что рост грузооборота при неизменной протяжённости сети обеспечен интенсификацией использования линий и удлинением средней дальности перевозки, а помесячные индексы тарифов имеют ступенчатый профиль с концентрацией всего годового прироста в одном месяце. На модельном объекте показано, что при годовой заявке затрат требуемая выручка колеблется в пределах межремонтного цикла с коэффициентом вариации, превышающим два, тогда как тариф, привязанный к нормативной годовой стоимости владения, устраняет эти колебания при полном возмещении затрат цикла, а перенос капитального ремонта колебаний не снижает и увеличивает суммарные затраты. Обосновано, что тариф, ориентированный на стоимость жизненного цикла, снижает неопределённость для грузовладельцев, операторов подвижного состава и владельцев терминальных мощностей, а сам показатель служит индикатором устойчивого развития комплекса как единой системы и основанием для оптимизации инвестиционных программ по ликвидации узких мест и реновации инфраструктуры.

Ключевые слова: транспортно-логистический комплекс, инфраструктура железнодорожного транспорта, грузонапряжённость, пропущенный тоннаж, стоимость жизненного цикла, тарифная нагрузка, инвестиционные риски, устойчивое развитие.

Введение

Транспортно-логистический комплекс объединяет инфраструктуру железнодорожного транспорта общего пользования, перевозчиков, операторов подвижного состава, владельцев путей необщего пользования, терминалы, порты, складских операторов и экспедиторов, а также грузоотправителей и грузополучателей, чьи договоры перевозки определяют спрос на услуги остальных звеньев [1]. Устойчивость комплекса как единой системы измеряется способностью звеньев принимать долгосрочные инвестиционные решения при предсказуемой стоимости услуг инфраструктуры, а поскольку железнодорожный транспорт выполняет от 45 до 48 % грузооборота страны [2], значительная часть стоимости услуг комплекса зависит от инфраструктурной составляющей тарифа.

Грузонапряжённость, пропущенный тоннаж и размеры движения задают интенсивность износа пути и устройств, продолжительность межремонтного цикла и потребность в капитальном ремонте, что закреплено в ремонтной схеме владельца инфраструктуры и в стандартах управления стоимостью жизненного цикла [3]. Тарифное регулирование переводит эти зависимости в нагрузку на участников через годовую заявку затрат, принимаемую в расчёт необходимой валовой выручки по Положению, утверждённому постановлением Правительства Российской Федерации от 05.08.2009 № 643 [4], поэтому нагрузка меняется ступенями, привязанными к бюджетному циклу, а не к циклу объектов. С 1 декабря 2024 года грузовые тарифы выросли на 13,8 %, с 1 декабря 2025 года на 10 %, а распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.07.2026 № 1924-р индексация 2027 года перенесена на 1 октября 2026 года [5], что затрудняет участникам рынка планирование затрат и заключение долгосрочных контрактов. Одновременно инвестиционная программа владельца инфраструктуры на 2026 год утверждена в объёме 713,6 млрд рублей против 890,9 млрд рублей годом ранее [6], и риск отложенной реновации и сохраняющихся узких мест переносится на грузовладельцев и операторов.

Объектом исследования выступает транспортно-логистический комплекс как система, включающая инфраструктуру железнодорожного транспорта общего пользования и смежные звенья логистической цепочки.

Предметом исследования выступают экономические отношения по поводу распределения во времени инфраструктурных издержек через тарифную нагрузку и их влияние на инвестиционные решения участников транспортно-логистического комплекса.

Цель исследования состоит в раскрытии влияния эксплуатационных показателей инфраструктуры на показатели транспортно-логистического комплекса и в доказательстве применимости тарифа, ориентированного на стоимость жизненного цикла, как инструмента снижения неопределённости для его участников.

Материалы и методы

Методологическую основу составили теория регулирования естественных монополий, концепция стоимости жизненного цикла по ГОСТ Р 27.202-2012 и стандартам УРРАН ОАО «РЖД», эконометрические оценки предельных издержек содержания пути и теория инвестиций в условиях неопределённости; информационную базу образовали ряды Росстата за 2015–2025 годы, помесячные индексы тарифов из оперативного доклада Росстата за январь–июнь 2026 года, нормативные правовые акты и раскрытия ОАО «РЖД». Применены построение нормативной функции затрат, аннуитетное приведение потоков затрат, сравнение режимов формирования тарифной нагрузки по коэффициенту вариации и модельный расчёт чувствительности стоимости цикла к нагрузке.

Результаты и обсуждение

Эксплуатационные показатели инфраструктуры воздействуют на комплекс по нескольким каналам, различающимся затрагиваемым элементом стоимости цикла и звеном, первым принимающим последствия. Систематизация каналов дана в таблице 1.

Таблица 1
Каналы влияния эксплуатационных показателей железнодорожной инфраструктуры на участников транспортно-логистического комплекса

Эксплуатационный показатель	Элемент стоимости жизненного цикла, на который воздействует показатель	Звено комплекса, первым принимающее последствия	Форма проявления для участников
Грузонапряжённость, млн т-км на 1 км в год	Затраты на текущее содержание пути и продолжительность межремонтного цикла	Владелец инфраструктуры	Рост инфраструктурной составляющей тарифа, ограничения скорости на участках с отложенным ремонтом

Эксплуатационный показатель	Элемент стоимости жизненного цикла, на который воздействует показатель	Звено комплекса, первым принимающее последствия	Форма проявления для участников
Пропущенный тоннаж брутто с момента последнего капитального ремонта	Сроки назначения капитального и среднего ремонтов по ремонтной схеме	Владелец инфраструктуры, перевозчик	Технологические окна, снижение пропускной способности, накопление просроченного ремонта
Размеры движения, пар поездов в сутки	Загрузка пропускной способности, потребность в развитии участков	Перевозчик, операторы подвижного состава	Узкие места, очереди на подход к портам, рост оборота вагона, логистические ограничения приёма грузов
Средняя дальность перевозки одной тонны груза	Распределение работы между полигонами, концентрация тоннажа на экспортных направлениях	Грузоотправители, порты, терминалы	Неравномерная загрузка направлений, зависимость эффективности терминалов от состояния подходов
Структура грузопотока по весовым нормам и осевым нагрузкам	Интенсивность износа рельсов и скреплений, требования к конструкции пути	Владелец инфраструктуры, операторы подвижного состава	Дифференциация тарифных надбавок, требования к вагонам повышенной грузоподъёмности

Источник: составлено авторами на основе [3, 7, 8, 9].

Первые два канала переходят в тариф через стоимость цикла, третий и четвёртый действуют через пропускную способность, пятый связывает состояние инфраструктуры с требованиями к подвижному составу, причём К. Одолински и Х. Бойсен показали, что и загрузка пропускной способности повышает предельные издержки содержания [8]. Все каналы объединяет то, что владелец инфраструктуры как первичный носитель издержек передаёт их остальным звеньям не в момент возникновения, а в момент тарифного решения, и это временное несовпадение порождает неопределённость.

Формализация первых двух каналов опирается на нормативную функцию затрат. Грузонапряжённость участка длиной L при годовом грузообороте Q определяется по формуле (1), пропущенный тоннаж брутто по формуле (2), а продолжительность межремонтного цикла по формуле (3).

$$\Gamma = \frac{Q}{L} \quad (1)$$

$$T_{\text{бр}} = k_{\text{бр}}\Gamma \quad (2)$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{бр}}} \quad (3)$$

где Γ – грузонапряжённость участка; Q – годовой грузооборот участка нетто; L – эксплуатационная длина участка; $T_{\text{бр}}$ – пропущенный тоннаж брутто за год; $k_{\text{бр}}$ – коэффициент перевода нетто в брутто, учитывающий тару вагонов и порожний пробег; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность межремонтного цикла в годах; $T_{\text{н}}$ – нормативная наработка тоннажа до капитального ремонта.

Затраты на текущее содержание зависят от грузонапряжённости по степенной функции (4), эластичность которой по оценкам Ф. Уита и Э. Смита и М. Андерссона с соавторами лежит в диапазоне от 0,2 до 0,4 [10, 11], а К. Одолински и Й.-Э. Нильссон подтвердили устойчивость этого диапазона на длинных рядах [12]. Состав эксплуатационных расходов, относимых на объект инфраструктуры, принимается по методологии А. Э. Криничевой и А. И. Петровского [9].

$$M(\Gamma) = M_0 \left(\frac{\Gamma}{\Gamma_0}\right)^{\varepsilon} \quad (4)$$

где $M(\Gamma)$ – годовые затраты на текущее содержание при грузонапряжённости Γ; M_0 – затраты при базовой грузонапряжённости Γ_0; ε – эластичность затрат по грузонапряжённости.

Два режима формирования тарифной нагрузки описываются формулами (5) и (6). В первом, соответствующем действующему методу экономически обоснованных затрат, требуемая выручка года равна затратам этого года; во втором она равна нормативной годовой стоимости владения объектом, полученной аннуитетным приведением стоимости цикла, сформированной по принципам, которые А. Э. Криничева и Д. С. Рубченко обосновали для технико-экономической оценки проектов развития железнодорожной инфраструктуры [13].

$$R_t^{\text{год}} = M_t + K_t \quad (5)$$

$$R^{\text{сжц}} = A_{\text{н}} = \left(C_0 + \sum_{t=1}^{T_{\text{ц}}} \frac{M_t + K_t}{(1+r)^t} - \frac{D}{(1+r)^{T_{\text{ц}}}}\right) \frac{r(1+r)^{T_{\text{ц}}}}{(1+r)^{T_{\text{ц}}}-1} \quad (6)$$

где $R_t^{\text{год}}$ – требуемая выручка года t при годовой заявке затрат; K_t – затраты на капитальный и средний ремонт, возникающие в году t; $R^{\text{сжц}}$ – требуемая выручка при тарифе, ориентированном на стоимость жизненного цикла; $A_{\text{н}}$ – нормативная годовая стоимость владения объектом; C_0 – стоимость капитального ремонта, открывающего цикл; D – ликвидационная стоимость материалов; r – ставка приведения.

Неопределённость тарифной нагрузки для участника комплекса измеряется коэффициентом вариации требуемой выручки в пределах цикла по формуле (7), а её цена для инвестора смежного звена, планирующего вложения с горизонтом H лет, выражается премией за риск по формуле (8), пропорциональной среднеквадратическому отклонению тарифной ставки.

$$CV_R = \frac{\sigma_R}{barR} \quad (7)$$

$$\Pi = \lambda\sigma_\tau q \sum_{t=1}^{H}(1+r)^{-t} \quad (8)$$

где CV_R – коэффициент вариации требуемой выручки; σ_R – её среднеквадратическое отклонение; $barR$ – среднее значение за цикл; Π – премия за неопределённость тарифной нагрузки в оценке инвестиционного проекта участника комплекса; λ – коэффициент неприятия риска; σ_τ – среднеквадратическое отклонение тарифной ставки; q – годовой объём перевозок участника; H – горизонт инвестиционного планирования.

Формула (8) показывает, что премия исчезает вместе с колебаниями ставки и растёт пропорционально горизонту планирования и объёму перевозок участника, что согласуется с выводом А. Диксита и Р. Пиндайка о том, что при необратимости вложений неопределённость повышает ценность ожидания и откладывает инвестиции [14]. Передаточный механизм от эксплуатационных показателей к инвестиционным решениям участников комплекса представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Передаточный механизм влияния эксплуатационных показателей инфраструктуры на инвестиционные решения участников транспортно-логистического комплекса
Источник: составлено авторами.

Эмпирическую основу составляет динамика нагрузки на сеть, приведённая в таблице 2 к уровню 2015 года, с которого начался период долгосрочного регулирования.

Таблица 2
Индексы показателей работы железнодорожного транспорта общего пользования Российской Федерации к уровню 2015 года, процентов

Год	Грузооборот	Эксплуатационная длина путей общего пользования	Перевозки грузов	Грузонапряжённость	Средняя дальность перевозки одной тонны груза
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2017	108,1	100,3	104,2	107,8	103,8
2018	112,7	100,4	106,2	112,2	106,1
2019	112,9	100,8	105,2	111,9	107,2
2020	110,4	100,9	102,2	109,4	108,0
2021	114,5	100,9	105,6	113,5	108,4
2022	114,4	100,8	101,7	113,4	112,5
2023	114,4	100,8	102,7	113,5	111,4
2024	109,5	100,9	98,3	108,6	111,4
2025	107,5	100,9	93,2	106,6	115,4

Источник: рассчитано авторами по данным Росстата, раздел «Транспорт», таблицы «Грузооборот по видам транспорта», «Перевозки грузов по видам транспорта», «Эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования» [2].

Пик нагрузки достигнут в 2021–2023 годах, когда грузонапряжённость превышала уровень 2015 года на 13,5 % при росте перевозок в тоннах лишь на 5,6 %, то есть работа сети наращивалась за счёт дальности, увеличившейся к 2025 году на 15,4 %. В 2025 году перевозки опустились ниже уровня 2015 года на 6,8 % при грузообороте выше на 7,5 %, что означает концентрацию тоннажа на дальних экспортных направлениях, где размеры движения и пропущенный тоннаж растут быстрее средних по сети; интенсификацию эксплуатационной работы при неизменной сети как долгосрочную закономерность показали Д. А. Мачерет и А. В. Кудрявцева [15]. Тарифная нагрузка по годовой заявке отражает состояние наиболее загруженных полигонов с запаздыванием.

Форму, в которой инфраструктурные издержки доходят до участников комплекса, показывают помесячные индексы тарифов в таблице 3.

Весь прирост 2025 года, составивший 10,5 % к декабрю предыдущего года, пришёлся на один месяц, а первое полугодие 2026 года добавило ещё 3,9 %, более половины которых принесло июньское решение [16]. Каждая ступень означает для участника комплекса пересмотр договоров, бюджетов и графиков окупаемо-

сти, а годовые решения об индексации за 2019–2027 годы дают коэффициент вариации около 0,53 при среднем уровне 9,2 %, что само по себе измеряет неопределённость для инвестора смежного звена [5, 17].

Таблица 3

Индексы тарифов на грузовые перевозки железнодорожным транспортом Российской Федерации в 2025–2026 годах, к предыдущему месяцу, процентов

Год	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
2025	100,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	110,0
2026	100,5	100,0	101,0	100,0	100,0	102,3	…	…	…	…	…	…

Источник: составлено авторами по данным Росстата, доклад «Социально-экономическое положение России, январь–июнь 2026 года», таблица 9 «Индексы тарифов на грузовые перевозки отдельными видами транспорта» [16].

Связь нагрузки со стоимостью цикла раскрывает модельный расчёт для условного километра главного пути с параметрами, принятыми в предыдущей работе одного из авторов: капитальный ремонт, открывающий цикл, 100 условных единиц, средний ремонт 25, ликвидационная стоимость 8, ставка приведения 8 %, нормативная наработка 800 млн т брутто при коэффициенте перевода нетто в брутто 1,5, базовые затраты на содержание 3 условные единицы при грузонапряжённости 28,5 млн т-км на километр и эластичности 0,3. Результаты расчёта по формулам (3), (4) и (6) для шести уровней нагрузки сведены в таблице 4.

Таблица 4

Модельная чувствительность стоимости жизненного цикла километра главного пути к грузонапряжённости, условных единиц

Грузонапряжённость, млн т-км на 1 км в год	Продолжительность межремонтного цикла, лет	Затраты на текущее содержание в год	Нормативная стоимость жизненного цикла	Нормативная годовая стоимость владения	Изменение годовой стоимости владения к базовому уровню 28,5, процентов
16,0	33,3	2,52	135,7	11,79	-18,3
20,0	26,7	2,70	137,0	12,53	-13,1
25,0	21,3	2,88	138,9	13,86	-3,9
28,5	18,7	3,00	138,5	14,43	+0,0
30,3	17,6	3,06	139,1	14,85	+2,9
35,0	15,2	3,19	138,3	16,16	+12,0

Источник: рассчитано авторами по формулам (3), (4) и (6) при модельных параметрах.

Стоимость цикла в приведённом выражении почти не зависит от нагрузки, поскольку более частый капитальный ремонт компенсируется более близким приведением ликвидационной стоимости, зато нормативная годовая стоимость владения растёт вместе с нагрузкой с эластичностью около 0,40, что выше эластичности текущего содержания, принятой равной 0,3. Разницу создаёт сокращение цикла, которое годовая заявка затрат не показывает до наступления ремонта. Переход от уровня нагрузки 2000 года к уровню 2025 года, то есть с 16 до 28,5 млн т-км на километр, повышает нормативную годовую стоимость владения на 22,4 %, и именно эта часть тарифной нагрузки объясняется интенсификацией использования сети, а не ценами ресурсов. Распределение требуемой выручки в пределах цикла при двух режимах, рассчитанное для цикла в 18 лет с ростом грузонапряжённости на 1 % в год, показывает рисунок 2.

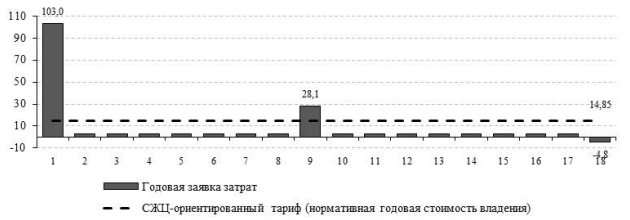


Рисунок 2. Требуемая выручка условного километра главного пути в пределах межремонтного периода при годовой заявке затрат и при СЖЦ-ориентированном тарифе, условных единиц
Источник: рассчитано авторами по формулам (5) и (6) при модельных параметрах.

При годовой заявке требуемая выручка в первом году цикла достигает 103 условных единиц, в году среднего ремонта 28, а в остальные годы лежит около 3, тогда как аннуитет держится на уровне 14,85 условной единицы. Сумма аннуитетных платежей больше суммы недисконтированных затрат на стоимость капитала, и эта разница служит платой за предсказуемость, которую в действующей модели участники комплекса несут в форме премии по формуле (8). Сравнение режимов сведено в таблице 5, куда добавлен третий режим с переносом капитального ремонта на три года и полуторным ростом затрат на содержание в годы отсрочки, что соответствует выводу А. Н. Державина, Н. Н. Лысенко и Н. И. Коваленко о дополнительных затратах при несвоевременном ремонте [7].

Таблица 5

Показатели неопределённости тарифной нагрузки при трёх режимах формирования требуемой выручки условного километра главного пути, процентов

Показатель	Годовая заявка затрат	Годовая заявка с переносом капитального ремонта на три года	Тариф, ориентированный на стоимость жизненного цикла
Коэффициент вариации требуемой выручки в пределах цикла	245,0	244,8	0,0
Доля года с максимальной выручкой в сумме затрат цикла	59,8	55,2	5,6
Отношение максимальной годовой выручки к медианной	3337	3322	100
Изменение суммы недисконтированных затрат цикла к первому режиму	0,0	+8,3	+55,0

Источник: рассчитано авторами по формулам (5), (6) и (7) при модельных параметрах.

Перенос ремонта не снижает колебаний, а лишь сдвигает их и увеличивает суммарные затраты цикла на 8,3 %, то есть отложенное воспроизводство оказывается самым дорогим способом сглаживания нагрузки. Режим, ориентированный на стоимость цикла, устраняет колебания полностью, а его большая номинальная сумма обусловлена стоимостью капитала, которая при годовой заявке не исчезает, а переносится на участников в неявной форме премии за риск и потерь от отложенных инвестиций. На сети со смещёнными циклами участков колебания частично взаимно погашаются, однако накопленный объём просроченного ремонта, достигавший 17,9 % протяжённости сети на начало 2023 года [18], показывает, что сеть далека от стационарного распределения циклов, и ступенчатый профиль тарифов в таблице 3 отражает именно эту нестационарность.

Для участников комплекса следствия различаются по звеньям. Грузовладелец при предсказуемой ставке заключает долгосрочные договоры с фиксированными условиями и планирует вложения в подъездные пути и погрузочные мощности, тогда как ступенчатая индексация вынуждает закладывать условия пересмотра и сокращать горизонт. Оператор подвижного состава принимает решения о закупке вагонов с горизонтом окупаемости, сопоставимым с межремонтным циклом пути, и колебания инфраструктурной составляющей через реакцию грузовладельцев влияют на спрос на его услуги. Для владельцев терминалов и портовых мощностей сглаженное финансирование реновации снимает риск ввода мощностей раньше, чем подходы получат ремонт. Для органа регулирования показатель стоимости жизненного цикла становится основанием оптимизации инвестиционных программ, поскольку участки с наибольшим разрывом между нормативной годовой стоимостью владения и фактическим финансированием и есть узкие места, где отложенная реновация обходится дороже всего. Сравнение российской и зарубежной систем ценообразования в строительном комплексе, выполненное А. Э. Криничевой и Н. В. Капустиной, выявило различия в структуре стоимости работ, которые переносятся и на стоимость ремонтов пути [19].

Выводы

Эксплуатационные показатели инфраструктуры воздействуют на транспортно-логистический комплекс по пяти каналам, два из которых переходят в тариф через стоимость жизненного цикла объектов, а остальные действуют через пропускную способность и технические требования к подвижному составу. За период долгосрочного регулирования нагрузка на сеть росла за счёт интенсификации использования существующих линий и удлинения дальности, тогда как тарифная нагрузка передавалась участникам ступенями, привязанными к бюджетному циклу. Модельный расчёт показал, что нормативная годовая стоимость владения объектом растёт вместе с грузонапряжённостью с эластичностью, превышающей эластичность текущего содержания, поскольку интенсификация сокращает межремонтный цикл, а годовая заявка затрат скрывает эту зависимость до наступления ремонта. Тариф, ориентированный на стоимость жизненного цикла, возмещает ту же сумму затрат цикла, но распределяет её равномерно, устраняя колебания требуемой выручки и связанную с ними премию за риск в инвестиционных решениях смежных звеньев, тогда как отложенное воспроизводство колебаний не снижает и увеличивает суммарные затраты цикла. Показатель стоимости жизненного цикла тем самым выступает не только критерием тарифного регулирования, но и индикатором устойчивого развития комплекса как единой системы, а разрыв между нормативной годовой стоимостью владения и

фактическим финансированием по участкам образует основание для приоритизации инвестиционных программ по ликвидации узких мест и реновации инфраструктуры. Дальнейшее развитие связано с оценкой эластичности затрат на отечественных данных, измерением коэффициентов неприятия риска по звеньям комплекса и переходом от модельного объекта к портфелю объектов сети.

Литература

1. Федеральный закон от 10.01.2003 № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40443/ (дата обращения 06.09.2026).
2. Федеральная служба государственной статистики. Транспорт. Грузооборот по видам транспорта; Перевозки грузов по видам транспорта; Эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования. — URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/transport (дата обращения 06.09.2026).
3. ГОСТ Р 27.202-2012. Надёжность в технике. Управление надёжностью. Стоимость жизненного цикла. — М.: Стандартинформ, 2014. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200104287 (дата обращения 06.09.2026).
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.08.2009 № 643 «О государственном регулировании тарифов, сборов и платы в отношении работ (услуг) субъектов естественных монополий в сфере железнодорожных перевозок». — URL: http://government.ru/docs/all/69093/ (дата обращения 06.09.2026).
5. Правительство проведет индексацию грузовых тарифов РЖД на 3 месяца раньше. — URL: https://www.infranews.ru/logistika/70850-pravitelstvo-provedet-indeksatsiyu-gruzovyh-tarifov-rzhd-na-3-mesyatsa-ranshe/ (дата обращения 06.09.2026).
6. Интерфакс. Совет директоров ОАО «РЖД» утвердил инвестиционную программу на 2026 год в объёме 713,6 млрд рублей. — URL: https://www.interfax.ru/business/1065704 (дата обращения 06.09.2026).
7. Державин А. Н., Лысенко Н. Н., Коваленко Н. И. Моделирование технического состояния пути при наработке тоннажа выше нормативного // Мир транспорта. — 2018. — Т. 16, № 1. — С. 164–183. — URL: https://mirtr.elpub.ru/jour/article/download/1415/2661 (дата обращения 06.09.2026).
8. Odolinski K., Boysen H. E. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. Working papers in Transport Economics 2018:10. — Stockholm: Centre for Transport Studies, 2018. — URL: https://www.cts.kth.se/polopoly_fs/1.824862.1600688725!/CTS2018-10.pdf (дата обращения 06.09.2026).
9. Криничева А. Э., Петровский А. И. Методология определения эксплуатационных расходов при оценке экономической эффективности нового строительства, технического перевооружения и модернизации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта // Вестник Евразийской науки. — 2023. — Т. 15, № S4. — URL: https://esj.today/PDF/08FAVN423.pdf (дата обращения 15.09.2026).
10. Wheat P., Smith A. S. J. Assessing the marginal infrastructure maintenance wear and tear costs for Britain\'s railway network // Journal of Transport Economics and Policy. — 2008. — Vol. 42, No. 2. — P. 189–224.
11. Andersson M., Smith A., Wikberg Å., Wheat P. Estimating the marginal cost of railway track renewals using corner solution models // Transportation Research Part A: Policy and Practice. — 2012. — Vol. 46, No. 6. — P. 954–964.
12. Odolinski K., Nilsson J.-E. Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? // Economics of Transportation. — 2017. — Vol. 10. — P. 8–17. — URL: https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.05.001 (дата обращения 06.09.2026).
13. Криничева А. Э., Рубченко Д. С. Принципы формирования стоимости жизненного цикла объектов при разработке технико-экономической оценки проекта развития железнодорожной инфраструктуры // Экономика, предпринимательство и право. — 2021. — Т. 11, № 7. — С. 1863–1874. — DOI 10.18334/epp.11.7.112331.
14. Dixit A. K., Pindyck R. S. Investment under Uncertainty. — Princeton: Princeton University Press, 1994. — 468 p.
15. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Ретроспективный анализ эффективности эксплуатационной работы железных дорог в грузовом движении // Мир транспорта. — 2018. — Т. 16, № 4. — С. 102–115.
16. Федеральная служба государственной статистики. Социально-экономическое положение России. Январь–июнь 2026 года. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/osn-06-2026.pdf (дата обращения 06.09.2026).
17. ОАО «РЖД». Базовая индексация грузовых ж/д тарифов в РФ с 1 января 2025 года ожидается на 13,8 %. — URL: https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=218948 (дата обращения 06.09.2026).
18. РЖД опровергли сообщения о ненормативном состоянии путей. — URL: https://1prime.ru/transport/20230517/840614702.html (дата обращения 06.09.2026).
19. Криничева А. Э., Капустина Н. В. Сравнительный анализ российского и зарубежного опыта ценообразования в строительном комплексе // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. — 2019. — № 4 (122). — С. 47.

Impact of the operating indicators of railway infrastructure on the stability of the transport and logistics complex

Leonov A.A., Krinicheva A.E.

JSC "Institute of Economics and Transport Development" (JSC "IERT")

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The paper reveals the mechanism through which the operating indicators of public railway infrastructure, namely traffic density, cumulative tonnage and train frequency, determine the life cycle cost of facilities and are transmitted through the tariff burden to all participants of the transport and logistics complex. Rosstat data for 2015–2025 show that the growth of freight turnover with an unchanged network length was achieved through the intensified use of lines and a longer average haul, while monthly tariff indices display a stepped profile with the entire annual increase concentrated in one month. A model facility demonstrates that under an annual cost claim the required revenue fluctuates within the overhaul cycle with a coefficient of variation above two, whereas a tariff anchored to the normative annual cost of ownership removes these fluctuations while fully recovering the cycle costs, and a postponed overhaul does not reduce the fluctuations but raises the total costs. It is substantiated that a life-cycle-oriented tariff reduces uncertainty for cargo owners, rolling stock operators and terminal capacity owners, and that the indicator itself serves as a measure of the sustainable development of the complex as a single system and as a basis for optimising investment programmes aimed at eliminating bottlenecks and renovating infrastructure.

Keywords: transport and logistics complex, railway infrastructure, traffic density, cumulative tonnage, life cycle cost, tariff burden, investment risks, sustainable development.

References

1. Federal Law No. 17-FZ of 10.01.2003 On Railway Transport in the Russian Federation. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40443/ (accessed 06.09.2026). (In Russ.)
2. Federal State Statistics Service. Transport. Freight turnover by mode of transport; Freight traffic by mode of transport; Operational length of public railway tracks. Available at: https://rosstat.gov.ru/statistics/transport (accessed 06.09.2026). (In Russ.)
3. GOST R 27.202-2012. Dependability in technics. Dependability management. Life cycle cost. Moscow, Standartinform Publ., 2014. (In Russ.)
4. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 643 of 05.08.2009 On State Regulation of Tariffs, Fees and Charges for Works (Services) of Natural Monopoly Entities in the Field of Railway Transportation. Available at: http://government.ru/docs/all/69093/ (accessed 06.09.2026). (In Russ.)
5. The Government will index RZD freight tariffs three months earlier. Available at: https://www.infranews.ru/logistika/70850-pravitelstvo-provedet-indeksatsiyu-gruzovyh-tarifov-rzhd-na-3-mesyatsa-ranshe/ (accessed 06.09.2026). (In Russ.)
6. Interfax. The Board of Directors of Russian Railways approved the investment programme for 2026 in the amount of RUB 713.6 billion. Available at: https://www.interfax.ru/business/1065704 (accessed 06.09.2026). (In Russ.)
7. Derzhavin A. N., Lysenko N. N., Kovalenko N. I. Modeling of track technical state when operating time in terms of tonnage is higher than normative. World of Transport and Transportation, 2018, vol. 16, no. 1, pp. 164–183. (In Russ.)
8. Odolinski K., Boysen H. E. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. Working papers in Transport Economics 2018:10. Stockholm, Centre for Transport Studies, 2018. Available at: https://www.cts.kth.se/polopoly_fs/1.824862.1600688725!/CTS2018-10.pdf (accessed 06.09.2026).
9. Krinicheva A. E., Petrovskiy A. I. Methodology for determining operating costs in assessing the economic efficiency of new construction, technical re-equipment and modernisation of railway infrastructure facilities. The Eurasian Scientific Journal, 2023, vol. 15, no. S4. Available at: https://esj.today/PDF/08FAVN423.pdf (accessed 15.09.2026). (In Russ.)
10. Wheat P., Smith A. S. J. Assessing the marginal infrastructure maintenance wear and tear costs for Britain\'s railway network. Journal of Transport Economics and Policy, 2008, vol. 42, no. 2, pp. 189–224.
11. Andersson M., Smith A., Wikberg Å., Wheat P. Estimating the marginal cost of railway track renewals using corner solution models. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2012, vol. 46, no. 6, pp. 954–964.

Сервисно-логистичское обеспечение развития агротуризма на базе малых форм хозяйствования Запорожской области

Ли Лариса Иосифовна
кандидат экономических наук, доцент кафедры сервиса и креативных индустрий, Мелитопольский государственный университет,

Ландарь Наталья Николаевна
аспирант, старший преподаватель кафедры туризма и рекреации, Мелитопольский государственный университет,

Тарусова Наталья Васильевна
кандидат биологических наук, доцент кафедры гостиничной и ресторанной деятельности, Мелитопольский государственный университет

В статье рассматриваются вопросы сервисно-логистического обеспечения развития агротуризма на базе малых форм хозяйствования Запорожской области. Цель исследования заключается в обосновании основных направлений организации транспортного, сервисного, информационного и организационного взаимодействия участников агротуристской деятельности. Определено, что ограниченные возможности отдельных КФХ и ЛПХ по самостоятельному формированию комплексного туристского продукта обусловливают необходимость территориальной кооперации. Предложена модель организации локальных туристско-сервисных маршрутов, объединяющих малые формы хозяйствования, транспортные организации, предприятия размещения и питания, объекты торговли и переработки, а также органы государственной и муниципальной власти. Обоснована целесообразность формирования территориальных агротуристских кластеров. Практическая значимость предложений заключается в повышении доступности туристских объектов, расширении спектра услуг и создании дополнительных каналов реализации сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: агротуризм, малые формы хозяйствования, сервисное обеспечение, логистическое обеспечение, сельские территории, туристские маршруты, территориальная кооперация, Запорожская область.

Введение

Современное развитие сельских территорий предполагает поиск дополнительных направлений экономической активности, способных обеспечить более эффективное использование имеющихся природных, производственных и культурных ресурсов. Одним из таких направлений выступает агротуризм, который позволяет сочетать традиционную сельскохозяйственную деятельность с оказанием туристских и сопутствующих услуг. Особое значение данный вид деятельности приобретает для малых форм хозяйствования, поскольку позволяет расширять структуру доходов, использовать имеющуюся материальную базу и формировать дополнительные виды услуг непосредственно на территории хозяйства.

В научной литературе агротуризм рассматривается не только как разновидность туристской деятельности, но и как инструмент комплексного развития сельских территорий. Так, О.П. Коробова отмечает, что развитие туристской инфраструктуры и агротуризма в сельской местности может способствовать диверсификации сельской экономики, развитию малого бизнеса и повышению качества жизни сельского населения. При этом автор обращает внимание именно на значение социальной и инженерно-транспортной инфраструктуры, что имеет непосредственное отношение к обеспечению доступности объектов агротуризма [1].

О.В. Шумакова, О.В. Косенчук, Ю.И. Новиков и Д.С. Нардин рассматривают агротуристический потенциал сельских территорий как совокупность возможностей, связанных с уровнем развития сельского хозяйства, природными и культурными особенностями территории, а также организационными и экономико-правовыми условиями осуществления туристской деятельности. Предложенный авторами подход показывает, что наличие привлекательных ресурсов само по себе не гарантирует развития агротуризма: необходимы соответствующие организационные и инфраструктурные условия, позволяющие преобразовать имеющийся потенциал в конкретный туристский продукт [2].

Близкая позиция представлена в другом исследовании этих же авторов, посвящённом развитию агротуризма в Омской области. Авторы связывают перспективы данного направления с особенностями сельских территорий, природным и социально-культурным потенциалом, состоянием сельскохозяйственного производства и возможностями использования региональных ресурсов в туристской деятельности. Такой подход позволяет рассматривать агротуризм как элемент комплексного развития территории, а не как отдельный вид услуг [3].

Ю.В. Желудева, Д.И. Жиляков и В.С. Левкина также рассматривают агротуризм в контексте устойчивого развития сельских территорий. Авторы выделяют возможности использования агротуризма для расширения экономической деятельности в сельской местности и рассматривают условия его развития на региональном уровне. В их исследовании подчёркивается необходимость комплексного подхода к формированию условий для развития агротуристической деятельности [4].

Существенный вклад в изучение взаимосвязи агротуризма и малых форм хозяйствования внесли И.Г. Сангадиева, Т.М. Шадонова, О.П. Санжина и Э.Г. Имескенова. Авторы рассматривают развитие малого агротуристического бизнеса во взаимосвязи с деятельностью крестьянских (фермерских) хозяйств и отмечают, что КФХ могут выступать не только производителями сельскохозяйственной продукции, но и важной основой формирования региональной инфраструктуры агротуризма. При этом исследователи выделяют факторы, способствующие развитию агротуристической деятельности, а также ограничения, препятствующие реализации туристического потенциала сельских территорий. Особое значение в данном контексте приобретает формирование комплексного агротуристического продукта, учитывающего особенности конкретной сельской территории [5].

А.В. Борзенков обращает внимание на необходимость разграничения понятий «агротуризм» и «сельский туризм», отмечая отсутствие единого подхода к определению агротуризма. Автор связывает специфику агротуризма с его непосредственной связью с сельскохозяйственной деятельностью и фермерством. Это положение является принципиальным для настоящего исследования, поскольку предполагает рассмотрение малых форм хозяйствования не только как потенциальных поставщиков туристских услуг, но и как непосредственных участников формирования агротуристического продукта [6].

При этом для малых форм хозяйствования принципиальное значение имеет не только наличие туристского ресурса, но и возможность обеспечить его доступность и качественное обслуживание. Турист выбирает не отдельный объект сельскохозяйственного производства, а комплексную услугу, включающую возможность доезда, размещения, питания, приобретения фермерской продукции. В данном контексте особую роль приобретает сервисно-логистическое обеспечение, под которым целесообразно понимать совокупность организационных и инфраструктурных решений, обеспечивающих доступ туристов к объектам агротуризма, перемещение людей и продукции, организацию обслуживания, снабжение хозяйств необходимыми ресурсами и взаимодействие между отдельными участниками туристской деятельности.

Такой подход позволяет связать развитие агротуризма непосредственно с территориальной организацией сельской экономики.

Вопрос инфраструктурного обеспечения сельского туризма исследует Н.Н. Рябчикова, рассматривая развитие сельского туризма через призму формирования агропромышленного кластера. По мнению автора, кластерное взаимодействие способно объединять производителей сельскохозяйственной продукции, туристские организации и других участников территориальной экономики, создавая условия для формирования комплексного туристского продукта. Такой подход имеет значение для малых форм хозяйствования, поскольку позволяет компенсировать ограниченность отдельных хозяйств за счёт кооперации и взаимодействия с другими субъектами региональной экономики [7].

Для Запорожской области рассматриваемая проблема имеет особую актуальность. Регион располагает сельскохозяйственными ресурсами, территориями с различными природными и культурными особенностями, а также значительным количеством хозяйств, потенциально способных участвовать в предоставлении агротуристских услуг. Вместе с тем развитие данного направления требует формирования условий, при которых малые формы хозяйствования смогут не только предоставлять отдельные туристские услуги, но и формировать комплексный продукт с необходимым уровнем транспортной доступности, сервиса, снабжения и информационного сопровождения.

Цель исследования состоит в обосновании основных направлений сервисно-логистического обеспечения развития агротуризма на базе малых форм хозяйствования Запорожской области. Для достижения поставленной цели необходимо определить роль малых форм хозяйствования в развитии агротуристической деятельности, выявить основные сервисные и логистические ограничения, оценить значение транспортной и организационной инфраструктуры и сформировать направления её совершенствования применительно к условиям региона.

В условиях внешних ограничений и усложнения геополитической обстановки в мире для российской экономики особую актуальность приобретает развитие внутреннего туризма. При этом диверсификация туристических направлений, обеспечивающая региональное развитие, снижает зависимость от внешних факторов спроса и способствует формированию устойчивых туристических кластеров [8].

Одним из перспективных направлений диверсификации внутреннего туристского предложения является агротуризм, сочетающий туристскую деятельность с использованием сельскохозяйственного, природного, культурно-исторического и гастрономического потенциала сельских территорий. Его развитие позволяет рассматривать сельскую местность не только как территорию производства сельскохозяйственной продукции, но и как пространство предоставления комплекса туристских и рекреационных услуг.

Важным субъектом формирования агротуристического предложения выступают малые формы хозяйствования. Их преимущество заключается в возможности непосредственного объединения сельскохозяйственного производства и туристского обслуживания. Крестьянские (фермерские) хозяйства, индивидуальные предприниматели и другие субъекты малого агробизнеса способны использовать собственные земельные ресурсы, производственные объекты, сельскохозяйственную продукцию, традиции и особенности территории для создания туристского продукта. Н.В. Овчинникова, И.Г. Генералов и А.Е. Шамин рассматривают сельский туризм непосредственно как инструмент развития малых форм хозяйствования региона, подчёркивая значение расширения видов деятельности сельскохозяйственных производителей и использования дополнительных источников экономической активности [9].

Возможность участия малого хозяйства в туристской деятельности не означает автоматического формирования конкурентоспособного туристского продукта. Для его реализации необходимо обеспечить доступ туриста к объекту, возможность получения услуг, приобретения продукции, питания, размещения, участия в экскурсионных и познавательных программах. Следовательно, агротуристический продукт формируется не отдельным хозяйством изолированно, а в результате взаимодействия целого комплекса элементов территории.

Особое значение имеет транспортная составляющая. Для сельских объектов туристского показа характерна территориальная рассредоточенность, вследствие чего качество дорожной инфраструктуры и возможность круглогодичного подъезда непосредственно влияют на доступность туристского объекта. Показательно, что действующие условия государственной поддержки проектов сельского туризма предусматривают наличие у земельного участка дороги, обустроенной или приспособленной для движения транспортных средств. Таким образом, транспортная доступность является не только фактором привлекательности территории, но и одним из практических условий реализации проектов агротуризма.

Следующим элементом выступает сервисное обеспечение. Современный туристский продукт предполагает получение посетителем не одной услуги, а определённого комплекса впечатлений и обслуживания. В случае агротуризма в него могут входить знакомство с сельскохозяйственным производством, дегустация и приобретение фермерской продукции, экскурсионные программы, участие в сезонных сельскохозяйственных работах, организация питания, размещение, проведение мастер-классов и иных мероприятий. Поэтому малому хозяйству целесообразно формировать не отдельную услугу, а комплексное предложение, объединяющее сельскохозяйственную, туристскую и сервисную составляющие.

Исследования последних лет также показывают усиление интеграционных процессов в сельском туризме. И.Е. Полякова и Н.А. Шелопугина, анализируя опыт Липецкой области, рассматривают интеграцию как одну из тенденций проектирования сельского туризма и подчёркивают необходимость объединения различных ресурсов и участников для формирования туристского продукта [10]. Данный подход представляется особенно значимым для малых форм хозяйствования, поскольку отдельное хозяйство зачастую располагает ограниченными финансовыми, кадровыми и инфраструктурными возможностями. Взаимодействие с другими субъектами территории позволяет компенсировать данные ограничения и формировать более широкий спектр туристских услуг.

В этой связи целесообразно рассматривать агротуристическую территорию как совокупность взаимосвязанных участников. В её состав могут входить сельскохозяйственные товаропроизводители, объекты размещения, предприятия общественного питания, транспортные организации, производители сувенирной и пищевой продукции, экскурсионные организации, учреждения культуры, органы местного самоуправления и структуры информационной поддержки. Координация между ними создаёт условия для формирования маршрутов и комплексных туристских программ, в которых услуги одного субъекта дополняются услугами другого.

Для малых форм хозяйствования подобная модель взаимодействия имеет особое значение. Ограниченные возможности отдельного хозяйства по самостоятельному созданию полноценной туристской инфраструктуры могут компенсироваться территориальной кооперацией. Например, фермерское хозяйство может обеспечивать экскурсионную или гастрономическую составляющую маршрута, другое предприятие - размещение, третье - транспортное обслуживание, а местная организация культуры - историко-познавательную программу. В результате возникает комплексный туристский продукт, стоимость и привлекательность которого формируются за счёт совокупности услуг территории.

Актуальность такого подхода усиливается современными тенденциями развития сельского туризма в России. По данным Корпорации МСП, с начала 2026 г. в сельских поселениях было зарегистрировано около 430 новых малых и средних предприятий в сфере сельского туризма, а всего на сельских территориях деятельность по приёму и размещению туристов осуществляют около 6,8 тыс. предприятий [11]. Это свидетельствует о расширении предпринимательской активности в сельском туризме и одновременно повышает требования к организации транспортного, информационного и сервисного взаимодействия между участниками рынка.

Для Запорожской области развитие агротуризма имеет дополнительные предпосылки, связанные с сочетанием сельскохозяйственной специализации территории, природных ресурсов и историко-культурного наследия. В действующей государственной программе Запорожской области «Развитие туризма» среди туристских ресурсов региона выделяются историко-культурные объекты, природные территории, музеи, а также культурно-этнографические центры, расположенные в сельских районах. В документе непосредственно отмечается возможность развития сельского, этнографического и гастрономического туризма [12].

Особое внимание следует уделить проблеме транспортно-логистической связности сельских территорий. При наличии привлекательного объекта его удалённость от основных транспортных направлений, неудовлетворительное состояние подъездных дорог, отсутствие указателей и организованного трансфера могут существенно ограничивать фактическую доступность туристского ресурса. Поэтому при планировании развития агротуризма необходимо учитывать не только характеристики самого объекта, но и его положение относительно транспортных магистралей, населённых пунктов, мест размещения туристов и других объектов показа.

Целесообразно рассматривать сервисно-логистическое обеспечение агротуризма не как отдельный вид деятельности, а как систему взаимосвязанных организационных, транспортных, информационных и сервисных решений. Для малых форм хозяйствования это особенно важно, поскольку отдельный субъект, как правило, не располагает достаточными ресурсами для самостоятельного формирования полного туристского продукта. В связи с этим возникает необходимость объединения нескольких участников вокруг единого туристского маршрута. В качестве базовой единицы организации агротуристской деятельности предлагается использовать территориальный агротуристский кластер, формируемый на основе группы расположенных в относительной территориальной близости объектов малых форм хозяйствования. В его состав могут входить крестьянские (фермерские) хозяйства, индивидуальные предприниматели, личные подсобные хозяйства, объекты размещения и питания, предприятия переработки сельскохозяйственной продукции, транспортные организации, объекты показа, а также организации, обеспечивающие информационное сопровождение туристов. При таком подходе фермерское хозяйство выступает не только производителем сельскохозяйственной продукции, но и одним из элементов комплексного туристского предложения.

В этой связи для Запорожской области целесообразно формировать не отдельные разрозненные объекты агротуризма, а локальные туристско-сер-

висные маршруты, объединяющие несколько субъектов малого предпринимательства. Такой подход позволяет распределить между участниками затраты на продвижение, транспортное обслуживание и информационное сопровождение, одновременно увеличивая продолжительность пребывания туриста на территории. Предлагаемая организационная модель представлена на рисунке 1.

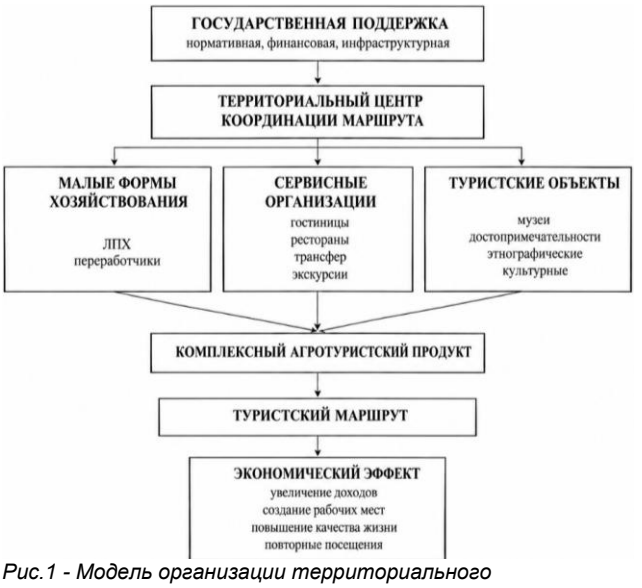


Рис.1 - Модель организации территориального агротуристского маршрута
Источник: Составлено авторами

Для практической реализации предложенной модели необходимо определить функции основных участников агротуристского маршрута. Важным является разграничение ответственности между субъектами, поскольку отсутствие единого координатора может привести к несогласованности времени работы объектов, транспортных перемещений и предоставляемых услуг.

Таблица 1
Использование региональной символики в дизайне модных брендов

Участник	Основные функции	Сервисно-логистический результат
КФХ	Приём туристов, демонстрация производства, проведение сельскохозяйственных экскурсий, реализация продукции	Формирование основного агротуристского содержания
ЛПХ	Предоставление локальных продуктов, участие в мастер-классах, демонстрация традиционных способов хозяйствования	Расширение ассортимента туристских услуг
ИП и субъекты сферы услуг	Размещение, питание, экскурсионное обслуживание	Повышение комплексности туристского продукта
Транспортные организации	Трансфер, перевозка туристов между объектами маршрута	Повышение транспортной доступности
Объекты торговли и переработки	Реализация и переработка местной сельскохозяйственной продукции	Увеличение каналов реализации продукции МФХ
Муниципальные органы	Содействие развитию инфраструктуры, информационная поддержка, благоустройство территории	Улучшение условий функционирования маршрута
Региональные органы власти	Координация мер поддержки, развитие туристской и транспортной инфраструктуры	Создание институциональных условий развития
Туроператоры и турагенты	Формирование и продвижение туристских программ	Расширение туристского потока
Цифровые информационные площадки	Представление маршрутов, объектов, расписания, условий бронирования	Снижение информационных барьеров

*Разработано авторами

Представленное распределение функций показывает, что эффективное сервисно-логистическое обеспечение агротуризма требует согласованного участия нескольких групп субъектов. При этом ключевая роль в формировании содержания туристского продукта сохраняется за малыми формами хозяйствования, тогда как транспортные, информационные и сервисные организации обеспечивают его комплексность и доступность для туриста.

Для Запорожской области такой подход позволяет объединять разрозненные объекты сельского туризма в территориально связанные маршруты. При этом каждый участник получает возможность специализироваться на определённом виде деятельности, не формируя самостоятельно весь комплекс туристских услуг. Это особенно важно для КФХ и ЛПХ, для которых организация размещения, питания, трансфера и продвижения одновременно может быть экономически и организационно затруднительной.

Таким образом, основным условием развития агротуризма на базе малых форм хозяйствования выступает не столько увеличение количества отдельных туристских объектов, сколько формирование между ними устойчивых сервисных и логистических связей. Именно такая кооперация создаёт предпосылки для формирования комплексного туристского продукта и увеличения дополнительных каналов реализации сельскохозяйственной продукции.

Заключение

Проведённое исследование показало, что развитие агротуризма на базе малых форм хозяйствования Запорожской области непосредственно связано с уровнем транспортного, сервисного, информационного и организационного обеспечения сельских территорий. Установлено, что отдельные КФХ и ЛПХ обладают ограниченными возможностями самостоятельного формирования полного туристского продукта, что обусловливает необходимость территориальной кооперации с предприятиями сферы услуг, транспорта, торговли и другими участниками. В качестве практического направления предложено формирование локальных туристско-сервисных маршрутов и территориальных агротуристских кластеров, объединяющих несколько субъектов малого хозяйствования и объектов туристской инфраструктуры. Такой подход позволяет повысить доступность туристских объектов, расширить спектр предоставляемых услуг и создать дополнительные каналы реализации сельскохозяйственной продукции. Таким образом, сервисно-логистическое обеспечение следует рассматривать как один из ключевых элементов развития агротуризма в Запорожской области, обеспечивающий взаимосвязь сельскохозяйственного производства, туристского обслуживания и экономической активности малых форм хозяйствования.

Литература

1. Коробова, О. П. Агротуризм как стимул развития сельских территорий / О. П. Коробова // Academia. Архитектура и строительство. – 2019. – № 3. – С. 99-104. – DOI 10.22337/2077-9038-2019-3-99-104.
2. Методика оценки агротуристического потенциала сельских территорий / О. В. Шумакова, О. В. Косенчук, Ю. И. Новиков, Д. С. Нардин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-24. – С. 5478-5481. – EDN UADEBB.
3. Агротуризм как перспективное направление развития сельских территорий в Омской области / О. В. Шумакова, О. В. Косенчук, Ю. И. Новиков, Д. С. Нардин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 262. – EDN UHXANL.
4. Желудева, Ю. В. Агротуризм как фактор устойчивого развития сельских территорий / Ю. В. Желудева, Д. И. Жиляков, В. С. Лёвкина // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65, № 5. – DOI 10.55186/25876740_2022_6_5_48. – EDN CFLTOM.
5. Развитие крестьянских фермерских хозяйств как основы инфраструктуры малого бизнеса сельской экономики / И. Г. Сангадиева, Е. Ю. Итыгилова, Т. М. Шадонова [и др.] // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2022. – № 11(145). – С. 42-49. – DOI 10.26726/1812-7096-2022-11-42-49. – EDN ORSZZC.
6. Борзенков, А. В. Сравнительный анализ подходов в понимании и развитии агротуризма и сельского туризма / А. В. Борзенков // Географический вестник. – 2024. – № 3(70). – С. 152-161. – DOI 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161. – EDN RSVKGA.
7. Рябчикова, Н. Н. Агропромышленный кластер как драйвер устойчивого развития сельского туризма / Н. Н. Рябчикова // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 8. – С. 5531-5552. – DOI 10.18334/epp.15.8.123318. – EDN KODBEK.
8. Застрожникова, И. В. Внутренний туризм в России: региональная структура и динамика туристических потоков / И. В. Застрожникова, Л. И. Ли, В. В. Гудым // Инновации и инвестиции. – 2026. – № 2. – С. 308-311. – EDN TMRBDC.
9. Овчинникова, Н. В. Сельский туризм как инструмент развития малых форм хозяйствования региона / Н. В. Овчинникова, И. Г. Генералов, А. Е. Шамин // Агропродовольственная политика России. – 2024. – № 2-3(110). – С. 16-24. – DOI 10.35524/2227-0280_2024_02-03_16. – EDN EDBMSY.
10. Полякова, И. Е. Интеграционные процессы как тенденция проектирования в рамках сельского туризма (на примере Липецкой области) / И. Е. Полякова, Н. А. Шелопугина // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 1. – С. 253-266. – DOI 10.18334/epp.16.1.124551. – EDN BAZGMK.
11. В России растет число малых и средних предприятий в сельском туризме // Центр Агроаналитики : официальный сайт. – 07.05.2026. – URL: https://specagro.ru/news/202605/v-rossii-rastet-chislo-malykh-i-srednikh-predpriyatiy-v-selskom-turizme-eksperty (дата обращения: 11.09.2026).
12. Об утверждении государственной программы Запорожской области «Развитие туризма» : постановление Правительства Запорожской области от 11.12.2025 № 852 (в ред. постановления Правительства Запорожской области от 26.03.2026 № 286). – URL: https://mineconom.zo.gov.ru/docs/show/122 (дата обращения: 12.09.2026).

Service and Logistics Support for the Development of Agritourism Based on Small-Scale Farms in Zaporizhzhia Oblast

Li L.I., Landar N.N., Tarusova N.V.
Melitopol State University, Melitopol, Russian Federation

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the issues of service and logistics support for the development of agrotourism based on small-scale farming enterprises in the Zaporozhye Region. The study aims to substantiate the main directions for organizing transport, service, information, and organizational interaction among participants in agrotourism activities. It is established that the limited capacity of individual peasant farms and private household farms to independently create a comprehensive tourism product necessitates territorial cooperation. A model for organizing local tourism and service routes is proposed, bringing together small-scale farms, transport organizations, accommodation and catering facilities, trade and processing enterprises, as well as regional and municipal authorities. The feasibility of developing territorial agrotourism clusters is substantiated. The practical significance of the proposals lies in improving the accessibility of tourism facilities, expanding the range of services, and creating additional channels for the sale of agricultural products.

Keywords: grotourism, small-scale farming, service support, logistics support, rural areas, tourist routes, territorial cooperation, Zaporozhye Region.

References

1. Korobova, O. P. Agritourism as a Stimulus for the Development of Rural Territories / O. P. Korobova // Academia. Architecture and Construction. – 2019. – No. 3. – pp. 99–104. – DOI 10.22337/2077-9038-2019-3-99-104.
2. Methodology for Assessing the Agritourism Potential of Rural Territories / O. V. Shumakova, O. V. Kosenchuk, Yu. I. Novikov, D. S. Nardin // Fundamental Research. – 2015. – No. 2-24. – pp. 5478–5481. – EDN UADEBB.
3. Agritourism as a Promising Direction for the Development of Rural Territories in the Omsk Region / O. V. Shumakova, O. V. Kosenchuk, Yu. I. Novikov, D. S. Nardin // Modern Problems of Science and Education. – 2015. – No. 2-1. – p. 262. – EDN UHXANL.
4. Zheludeva, Yu. V. Agritourism as a Factor in the Sustainable Development of Rural Territories / Yu. V. Zheludeva, D. I. Zhilyakov, V. S. Levkina // International Agricultural Journal. – 2022. – Vol. 65, No. 5. – DOI 10.55186/25876740_2022_6_5_48. – EDN CFLTOM.
5. Development of Peasant Farm Enterprises as a Foundation for the Small Business Infrastructure in the Rural Economy / I. G. Sangadieva, E. Yu. Itygilova, T. M. Shadonova [et al.] // Regional Problems of Economic Transformation. – 2022. – No. 11(145). – pp. 42-49. – DOI 10.26726/1812-7096-2022-11-42-49. – EDN ORSZZC.
6. Borzenkov, A. V. A Comparative Analysis of Approaches to Understanding and Developing Agritourism and Rural Tourism / A. V. Borzenkov // Geographical Bulletin. – 2024. – No. 3(70). – pp. 152-161. – DOI 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161. – EDN RSVKGA.
7. Ryabchikova, N. N. The Agro-Industrial Cluster as a Driver for the Sustainable Development of Rural Tourism / N. N. Ryabchikova // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2025. – Vol. 15, No. 8. – pp. 5531-5552. – DOI 10.18334/epp.15.8.123318. – EDN KODBEK. 8. Zastrozhnikova, I. V. Domestic tourism in Russia: regional structure and dynamics of tourist flows / I. V. Zastrozhnikova, L. I. Li, V. V. Gudym // Innovations and Investments. – 2026. – No. 2. – P. 308-311. – EDN TMRBDC.
9. Ovchinnikova, N. V. Rural tourism as a tool for the development of small-scale farming in the region / N. V. Ovchinnikova, I. G. Generalov, A. E. Shamin // Agri-Food Policy of Russia. – 2024. – No. 2-3(110). – P. 16-24. – DOI 10.35524/2227-0280_2024_02-03_16. – EDN EDBMSY.
10. Polyakova, I. E. Integration processes as a design trend in rural tourism (a case study of the Lipetsk Region) / I. E. Polyakova, N. A. Shelopugina // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2026. – Vol. 16, No. 1. – P. 253-266. – DOI 10.18334/epp.16.1.124551. – EDN BAZGMK.
11. The number of small and medium-sized enterprises in rural tourism is growing in Russia // Agroanalytics Center : official website. – May 7, 2026. – URL: https://specagro.ru/news/202605/v-rossii-rastet-chislo-malykh-i-srednikh-predpriyatiy-v-selskom-turizme-eksperty (accessed: 11.09.2026).
12. On the Approval of the Zaporozhye Region State Program "Tourism Development": Resolution of the Government of the Zaporozhye Region No. 852 dated 11.12.2025 (as amended by Resolution of the Government of the Zaporozhye Region No. 286 dated 26.03.2026). – URL: https://mineconom.zo.gov.ru/docs/show/122 (accessed: 12.09.2026).

Цифровая экосистема региона как форма межорганизационного взаимодействия государства, бизнеса и науки

Лиман Ирина Александровна
Заведующий кафедрой менеджмента и бизнеса, д.э.н., профессор, Тюменский государственный университет, i.a.liman@utmn.ru,

Осатюк Владислав Игоревич
Начальник отдела организационного и методического сопровождения реформы контрольной (надзорной) деятельности Департамента государственной политики в сфере лицензирования, контрольно-надзорной деятельности, аккредитации и саморегулирования, Министерство экономического развития Российской Федерации, vladosatyuk@gmail.com

В статье рассмотрена цифровая экосистема региона как форма межорганизационного взаимодействия самостоятельных акторов регионального развития. В качестве субъектной основы использована модель пятерной спирали (государство, бизнес, науку и образование, гражданское общество и экологический контур). Раскрыты функциональные направления взаимодействия участников цифровой экосистемы, систематизированы цифровые механизмы реализации соответствующих связей (платформенные решения, интеграция информационных систем, совместные информационно-аналитические пространства, механизмы открытых данных и цифровой обратной связи, цифровые аналитико-управленческие инструменты). Определены условия и барьеры результативного межорганизационного взаимодействия. Предложена авторская модель цифровой экосистемы региона. Показано, что формирование цифровой экосистемы связано с переходом к системе межорганизационных связей при совместном использовании данных, знаний, технологий, ресурсов и компетенций.
Ключевые слова: цифровая экосистема региона, межорганизационное взаимодействие, пятерная спираль, цифровая платформа, цифровая трансформация, региональное развитие, государство, бизнес, наука, гражданское общество, экологический контур.

Распространение цифровых технологий заметно меняет характер взаимодействия участников региональной экономики с учетом усложнения формирования организационных конструкций. В этих условиях экосистемный подход представляет интерес как теоретическая база исследования новых форм межорганизационного взаимодействия на региональном уровне.

По мнению А. А. Егоровой, «экосистемный подход подразумевает рассмотрение социо-эколого-экономической системы региона как динамично развивающегося социально экономического сообщества, состоящего из акторов (игроков), действующих в различных секторах системы. <…> Экосистема региона характеризуется системой отношений по поводу распределения ресурсов, технологий, информации, опыта, продукции, координации решения совместных задач, которые распределяются между акторами экосистемы» [1, С. 134]. Таким образом, данная трактовка экосистемы базируется на взаимосвязи экономических субъектов и согласовании их интересов в рамках территориальной системы.

Близкую позицию занимают А. В. Райхлина и Е. Г. Патрушева, рассматривающие экосистему в контексте региональных институтов развития [2]. С данной точки зрения региональная экосистема может позиционируется в качестве организационной среды, в которой участники сохраняют собственные цели, однако их деятельность оказывается связанной потоками ресурсов, информации и результатов. Особенностью подобной конструкции выступает отсутствие полноценного организационного объединения участников. Экосистемный эффект возникает за счет развития связей между ними.

Цифровая составляющая дополняет данную модель новым способом организации взаимодействия и фактически становится инфраструктурной основой экосистемных связей.

М. Кох определяет цифровую (с точки зрения инфраструктуры) экосистему (с точки зрения организации) как социотехническую систему, которая объединяет множество, как правило, независимых поставщиков и потребителей активов в целях получения взаимной выгоды, и функционирует посредством цифровых платформ [3].

В. И. Абрамов и В. Д. Андреев дают следующее определение цифровой экосистемы региона: «цифровая макросреда для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти, способствующая стабильному и устойчивому социально-экономическому развитию региона путем повышения качества управленческих решений за счет организации механизма сбора и обработки информации об инфраструктуре региона в режиме реального времени с использованием сквозных цифровых технологий» [4, с. 251]. К ее структурным компонентам авторы относят «сквозные цифровые технологии, цифровую платформу, данные, участников, сетевые взаимодействия, сервисы, права и обязанности участников» [4, с. 251]. При этом экономическое содержание экосистемы определяют участники и их связи, а технологические решения обеспечивают возможность такого взаимодействия.

Также представляется целесообразным несколько расширить субъектный состав цифровой экосистемы региона, так как ограничение взаимодействия государством, бизнесом и гражданами недостаточно отражает современные условия регионального развития. В частности, необходимо выделить научно-образовательные организации ввиду их роли в разработке технологий, кроме того, тенденцией современной региональной политики выступает усиление связи с экологическими ограничениями. Таким образом, цифровая экосистема региона должна рассматриваться как более широкая система взаимодействия акторов регионального развития.

Процесс формирования цифровой экосистемы региона предлагается рассматривать в виде перехода к цифровой связанности отдельных субъектов в соответствии с данными рисунка 1.

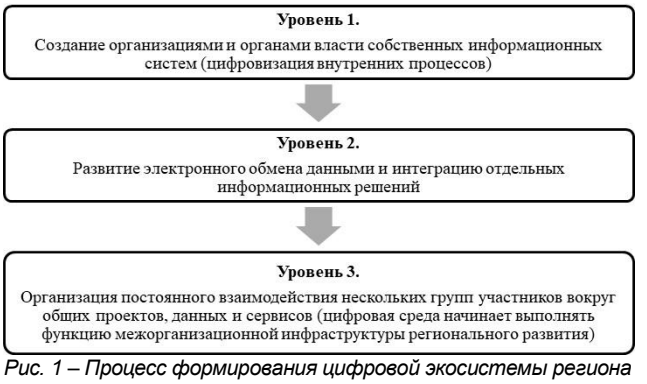


Рис. 1 – Процесс формирования цифровой экосистемы региона
Источник: Составлено автором на основании [3], [4]

В рамках настоящего исследования цифровую экосистему региона предлагается понимать как территориально локализованную систему взаимодействия самостоятельных участников, основанную на использовании цифровой инфраструктуры, данных, цифровых сервисов и платформ (как технологической среды объединения) в целях обеспечения совместной реализации региональных задач.

В качестве базовых признаков цифровой экосистемы региона можно выделить следующие:

субъектная множественность;

необходимость цифровой связанности участников, т.е. возможности постоянного обмена данными и использования совместимых информационных решений;

сетевой характер взаимодействия при условии отсутствия ограничения отношений с единым административным центром;

совместное создание результата.

наличие общей территориальной проблематики.

В качестве теоретической основы определения состава участников цифровой экосистемы региона с позиции межорганизационного взаимодействия целесообразно использовать концепцию спиралей инновационного развития, в частности, пятерную спираль (государство, наука и образование, бизнес, гражданское общество и экология) как наиболее комплексную на текущий момент конструкцию [5].

Характеристика субъектной структуры цифровой экосистемы региона представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика субъектной структуры цифровой экосистемы региона

Контур пятерной спирали	Основные участники региональной цифровой экосистемы	Функция в экосистеме
Государство	Органы государственной власти Органы местного самоуправления Государственные учреждения Институты развития	Формирование институциональных условий цифровой трансформации определение стратегических приоритетов Участие в создании цифровой инфраструктуры
Бизнес	Крупные предприятия, субъекты малого и среднего предпринимательства, технологические компании Операторы цифровых платформ Инфраструктурные организации	Внедрение цифровых решений в хозяйственную деятельность, формирование технологического спроса. Предоставлении частных ресурсов, которые могут быть использованы в совместных проектах с органами власти и научными организациями
Наука и образование	Университеты, НИИ, исследовательские, центры трансфера технологий и иные структуры, связанные с созданием и распространением знаний	Разработка технологий и экспертное сопровождение цифровой трансформации. Формирование кадровой основы цифрового развития региона
Гражданское общество	Население, общественные организации, профессиональные сообщества и иные объединения граждан	Формирование общественного запроса на цифровые сервисы и обратная связь цифровой трансформации
Экологический контур	Природная среда и представляющие экологические интересы организации	Установление экологических условий и ограничений цифрового развития. Реализация проектов экологической направленности

Источник: Составлено автором на основании [5], [6], [7].

Касательно данных, представленных в таблице, следует отметить, что в отдельных моделях цифрового развития население может участвовать в проектировании сервисов и тестировании технологических решений [8].

В отношении пятой спирали требуется некоторое терминологическое уточнение. Природная среда в строгом смысле не обладает свойствами организационного субъекта и, как следствие, самостоятельно не вступает в экономические отношения. Поэтому применительно к межорганизационному взаимодействию корректнее говорить об экологическом контуре цифровой экосистемы региона, цифровая инфраструктура которого обеспечивает передачу информации о состоянии среды.

Систему межорганизационного взаимодействия в цифровой экосистеме региона целесообразно рассматривать в рамках двух направлений:

по функциональному содержанию взаимодействия;

по субъектной конфигурации взаимодействия.

Функциональное содержание взаимодействия представляет совокупность направлений совместной деятельности акторов цифровой экосистемы региона в контексте предмета и характера обмена. Ключевые векторы такого взаимодействия представлены ниже.

1. Информационное взаимодействие – включает предоставление доступа к данным (как основным ресурсам цифровой экосистемы), их передачу между информационными системами, обработку, совместное использование в целях последующего формирования цифровых сервисов:

государство выступает владельцем статистических данных;

бизнес формирует массивы производственной информации;

научные организации обеспечивают аналитическую обработку данных;

граждане одновременно являются пользователями цифровых сервисов и источником пользовательской информации;

экологический контур аккумулирует данные об экологических параметрах территории.

Таким образом, государственные открытые данные могут применяться коммерческими организациями и разработчиками, однако простой их публикации недостаточно. Необходимо развитие отношений между поставщиками данных, разработчиками, инфраструктурными организациями и пользователями в области использования информации [8].

2. Инновационное взаимодействие – разработка, апробация и внедрение новых технологических решений. Наиболее тесные связи формируются между бизнесом, научно-образовательным сектором и государством.

Представляет интерес модель «пятерная спираль – дизайн-мышление», предложенная С. Бартолони. Пятерная спираль в ней определяет состав взаимодействующих акторов, а дизайн-мышление задает механизм их совместного участия в создании и внедрении технологического решения. Достоинством модели выступает включение различных участников уже на стадии проектирования решения и, как следствие, снижение разрыва между разработкой технологии и последующим использованием [9].

3. Инвестиционное взаимодействие. Реализация цифровых проектов предполагает использование ресурсов государства (бюджетные и институциональные возможности), бизнеса (частные инвестиции), научных организаций (инфраструктура и интеллектуальный капитал). При реализации конкретных проектов соответствующие ресурсы объединяются в рамках грантовых механизмов, программ поддержки, государственно-частного партнерства, консорциумов и иных организационных форм.

4. Кадровое взаимодействие. В данном случае научно-образовательный сектор выступает основным поставщиком кадров и компетенций, а бизнес и органы власти формируют запрос на содержание соответствующей подготовки с возможностью обратной связи. Формы реализации обмена – совместные образовательные программы, проектное обучение, стажировки, корпоративные кафедры, участие специалистов организаций в образовательном процессе.

5. Управленческо-проектное взаимодействие – необходимо в ситуациях, когда проблема выходит за организационные границы одного субъекта (например, участие нескольких организаций предполагается при создании цифрового сервиса в сфере транспорта).

Практический механизм подобного взаимодействия хорошо раскрывается в исследованиях по «живым лабораториям» – реальной или приближенной к реальной среде совместного проектирования с участием их будущих пользователей и других заинтересованных сторон. Отличием такой площадки от обычной лаборатории выступает возможность апробации решения в условиях, максимально близких к его последующему практическому использованию [10].

Реализация такой модели с использованием пятерной спирали показано в исследовании Б. Мерино-Барбанчо на примере проекта LifeSpace. В модели выделены три уровня:

лаборатория – первоначальное проектирование решений;

клуб – контролируемое тестирование постоянными пользователями;

городская среда («район»), где уже проверенные решения используются и оцениваются в реальных условиях [10].

Субъектная конфигурация межорганизационного взаимодействия отражает конкретные связи между государством, бизнесом, наукой и образованием, гражданским обществом и экологическим контуром. Она может быть представлена в виде соответствующей матрицы в таблице 2.

Таблица 2

Матрица межорганизационного взаимодействия акторов цифровой экосистемы региона

Акторы	Бизнес	Наука и образование	Гражданское общество	Экологический контур
Государство	Создание цифровой инфраструктуры, ГЧП, реализация региональных проектов, обмен данными	Экспертное сопровождение региональной политики, подготовка кадров, разработка цифровых новых решений	Электронные услуги, открытые данные, цифровая обратная связь, участие граждан	Экологический мониторинг, регулирование, природоохранные информационные системы
Бизнес	×	НИОКР, процессы трансфера технологий, подготовка кадров, апробация решений	Отношения в области использования цифровых сервисов и совместного тестирования решений. Получаемая информация может использоваться для последующего изменения цифровых продуктов	Экологический мониторинг предприятий, ресурсо-сбережение, экологические технологии и данные
Наука и образование	-	×	Экспериментальные площадки, участие пользователей в исследованиях и апробации технологий	Исследования состояния среды, экологическое моделирование, разработка технологий мониторинга

Гражданское общество	-	-	×	Гражданский экологический мониторинг, экологические инициативы, общественная обратная связь

Источник: Составлено автором на основании [8], [9], [10].

Таким образом, межорганизационное содержание цифровой экосистемы региона определяется способностью переводить распределенные ресурсы отдельных акторов в совместно создаваемый результат посредством цифрового взаимодействия.

Важно акцентировать, что межорганизационное взаимодействие значительно шире факта простого обмена ресурсами, так как предполагает наличие совместной цели, распределения функций, каналов связи и механизма получения результата. При этом, последний должен иметь значение более чем для одного участника. Поток знаний между различными акторами пятерной спирали должен быть встроен в процесс проектирования.

Реализация межорганизационного взаимодействия в рамках цифровой экосистемы региона требует наличия соответствующих цифровых механизмов – «цифровой макросреды для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти» [4, с. 264].

В. И. Абрамов и В. Д. Андреев отмечают, что «основой региональной цифровой экосистемы является цифровая платформа / несколько платформ / единая цифровая платформа с определенными сервисами, ориентированная на конкретные сферы деятельности регионального правительства и обеспечивающая удобное взаимодействие между гражданами, бизнесом и властью» [4, с. 264]. Авторы дают следующее определение цифровой платформы: «единая цифровая система для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти, в которой обрабатываются полученные с помощью сквозных цифровых технологий данные, а сформированные на их основе управленческие решения отражаются в инфраструктуре региона с помощью панели команд цифровой платформы. Данная система может обеспечивать доступ к цифровому двойнику, если он имеется» [4, с. 261].

Т. Н. Тополева рассматривает цифровую платформу как основу формирования инновационной производственной экосистемы региона и отмечает, что «взаимодействие акторов на основе совместного использования ресурсов, согласование интересов в рамках ИПЭР с перспективой платформизации направлено как на достижение их индивидуальных целей, так и на повышение устойчивости всей экосистемы, с проекцией на региональное развитие и укрепление позиций на национальном и международном уровнях» [11, с. 135].

Вторым механизмом выступает интеграция информационных систем участников. С позиции межорганизационного взаимодействия данный механизм актуален ввиду возможности перехода к цифровой связанности отдельных организаций и мультисервисности цифровой экосистемы. Последняя «позволяет гражданам, органам власти и бизнесу с помощью сетевого эффекта увеличивать количество направлений деятельности в экосистеме, что положительным образом сказывается на социальных и экономических результатах региона» [4, с. 261].

Технически такая интеграция может обеспечиваться посредством API –«набора способов и правил, по которым различные программы общаются между собой и обмениваются данными. Взаимодействие между компонентами обеспечивается с помощью специальных методов, классов, программ» [12, с. 637].

Помимо перечисленных механизмов межорганизационного взаимодействия в рамках цифровой экосистемы региона необходимо выделить следующие:

совместные информационно-аналитические пространства на основе больших данных социальных медиа, которые позволяют проводить сбор данных, их агрегацию, впоследствии анализировать и представлять результаты для принятия различных управленческих решений, в том числе для поддержки регионального развития [13, с. 15];

механизмы открытых данных и цифровой обратной связи. В этом случае владелец информации предоставляет машиночитаемые данные другим участникам которые могут использовать их для решения собственных задач в пределах установленного режима доступа. Касательно цифровой обратной связи, И. М. Виноградова справедливо отмечает: «трансформация государственных услуг и взаимодействия власти с гражданами в электронный формат предоставляет большие возможности для оптимизации политических процессов. <…> Внедрение цифровых экосистем в общественно-политическую сферу является необходимым условием эффективного развития государственного управления» [14, с. 7-8].

цифровые аналитические и управленческие инструменты. Их роль в экосистемной модели заключается в возможности работать с информацией, поступающей одновременно от нескольких участников, и использовать результаты анализа для согласования последующих действий. В наиболее развитом варианте такие инструменты могут включать панели мониторинга, прогнозные модели, технологии искусственного интеллекта и системы поддержки решений.

В итоге, на основании проведенного исследования, модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия можно представить в виде рисунка 2.

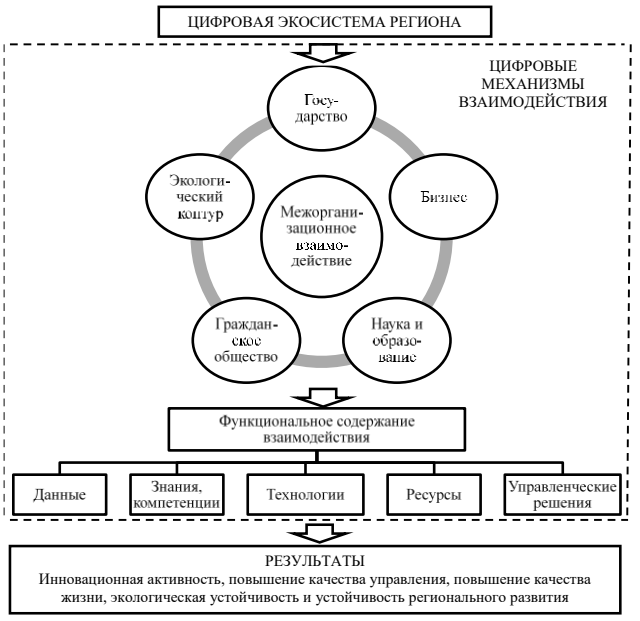


Рис. 2 – Модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия
Источник: Составлено автором

Результативность представленной на рисунке модели зависит следующих факторов:

наличие согласованных целей взаимодействия между участниками;

распределение ролей и ответственности;

интероперабельность систем – в ГОСТ Р 70992-2023 определяется как «способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» [15].

качество и актуальность данных;

доверие между участниками в цифровой экосистеме.

институциональная определенность взаимодействия;

заинтересованность участников в сохранении взаимодействия.

Основными барьерами межорганизационного взаимодействия выступают организационная разобщенность участников, несовместимость информационных систем, дефицит цифровых и управленческих компетенций, недостаточный уровень информационной безопасности.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Цифровая экосистема региона выступает формой межорганизационного взаимодействия самостоятельных акторов, объединенных цифровой средой и совместными процессами. Субъектной основой такой экосистемы является модель пятерной спирали (государство, бизнес, науку и образование, гражданское общество и экологический контур).

2. Систему межорганизационного взаимодействия в цифровой экосистеме региона целесообразно рассматривать в рамках двух направлений: по функциональному содержанию взаимодействия (информационное, инновационное, инвестиционное, кадровое и управленческо-проектное направления) и по субъектной конфигурации взаимодействия.

3. Предложенная авторская модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия объединяет субъектные контуры, функциональное содержание взаимодействия, цифровые механизмы и результаты регионального развития в целостную организационно-технологическую конструкцию.

Литература

1. Егорова, А. А. Экосистемный подход к сбалансированному региональному развитию / А. А. Егорова, Ю. Г. Мальцев, Е. С. Банникова, Д. Ю. Двинин // Вестник Челябинского государственного университета. – 2022. – № 6 (464). – С. 131–144. – DOI: 10.47475/1994-2796-2022-10614.

2. Райхлина, А. В. Модернизация региональных институтов развития. Экосистемный подход / А. В. Райхлина, Е. Г. Патрушева // ЭКО. – 2024. – Т. 54, № 2. – С. 201–215. – DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-201-215.

3. Koch, M. A Matter of Definition: Criteria for Digital Ecosystems / M. Koch, D. Krohmer, M. Naab, D. Rost, M. Trapp // Digital Business. – 2022. – Vol. 2, No. 2. – Art. 100027. – DOI: 10.1016/j.digbus.2022.100027.

4. Абрамов, В. И. Цифровая экосистема региона: практические аспекты реализации и структурные компоненты / В. И. Абрамов, В. Д. Андреев // Ars

Administrandi (Искусство управления). – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 251–271. – DOI: 10.17072/2218-9173-2023-2-251-271.
5. Carayannis, E. G. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the Integrative Device / E. G. Carayannis, D. F. J. Campbell // Triple Helix. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – P. 65–75. – DOI: 10.1163/21971927-bja10028.
6. Donati, L. The Evolutionary Emergence of Quintuple Helix Coalitions: A Case Study of Place-Based Sustainability Transition / L. Donati, G. Stefani, M. Bellandi // Triple Helix. – 2023. – Vol. 10, No. 1. – P. 125–155. – DOI: 10.1163/21971927-12340010.
7. Durán-Romero, G. Bridging the Gap between Circular Economy and Climate Change Mitigation Policies through Eco-Innovations and Quintuple Helix Model / G. Durán-Romero, A. M. López, T. Beliaeva, M. Ferasso, C. Garonne, P. Jones // Technological Forecasting and Social Change. – 2020. – Vol. 160. – Art. 120246. – DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120246.
8. Kitsios, F. Digital Entrepreneurship Services Evolution: Analysis of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Models for Open Data Ecosystems / F. Kitsios, M. Kamariotou, E. Grigoroudis // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 21. – Art. 12183. – DOI: 10.3390/su132112183.
9. Bartoloni, S. Towards Designing Society 5.0 Solutions: The New Quintuple Helix – Design Thinking Approach to Technology / S. Bartoloni, E. Calò, L. Marinelli, F. Pascucci, L. Dezi, E. Carayannis, G. M. Revel, G. L. Gregori // Technovation. – 2022. – Vol. 113. – Art. 102413. – DOI: 10.1016/j.technovation.2021.102413.
10. Merino-Barbancho, B. Innovation through the Quintuple Helix in Living Labs: Lessons Learned for a Transformation from Lab to Ecosystem / B. Merino-Barbancho, P. Abril Jiménez, I. Mallo, I. Lombroni, G. Cea, C. López Nebreda, M. F. Cabrera, G. Fico, M. T. Arredondo // Frontiers in Public Health. – 2023. – Vol. 11. – Art. 1176598. – DOI: 10.3389/fpubh.2023.1176598.
11. Тополева, Т. Н. Моделирование цифровой платформы инновационной производственной экосистемы региона / Т. Н. Тополева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4. – С. 135–143. – DOI: 10.12737/2073-0462-2024-135-143.
12. Мельник, А. А. Основные принципы построения и проектирования интерфейса API / А. А. Мельник // Вестник науки. – 2025. – №10 (91). – С. 637-643.
13. Федоров, А. М. Информационно-аналитическая система поддержки управления региональным развитием на основе открытых больших данных социальных медиа: концепция разработки и практика реализации / А. М. Федоров, И. О. Датьев, М. Г. Шишаев, С. С. Федотов, И. Г. Вишняков // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 5–22. – DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.2.001.
14. Виноградова, И. М. Создание и развитие цифровых экосистем в России как способа коммуникации власти и граждан / И. М. Виноградова // PolitBook. – 2024. – № 2. – С. 6–23.
15. ГОСТ Р 70992-2023. Цифровая промышленность. Интеграция и интероперабельность систем. Термины и определения. – М. : Российский институт стандартизации, 2023.

Digital ecosystem of a region as a form of interorganizational interaction between government, business, and science

Liman I.A., Osatyuk V.I.
University of Tyumen, Ministry of Economic Development of the Russian Federation

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the digital ecosystem of a region as a form of interorganizational interaction among autonomous actors of regional development. The Quintuple Helix model is used as the framework for the ecosystem's actor structure, including government, business, science and education, civil society, and the environmental dimension. The functional areas of interaction among digital ecosystem participants are identified, and the digital mechanisms supporting these relationships are systematized, including platform solutions, integration of information systems, shared information and analytical spaces, open data and digital feedback mechanisms, and digital analytical and management tools. The conditions and barriers affecting effective interorganizational interaction are determined. An authorial model of the regional digital ecosystem is proposed. It is shown that the formation of a digital ecosystem is associated with the transition to a system of interorganizational relationships based on the joint use of data, knowledge, technologies, resources, and competencies.

Keywords: regional digital ecosystem, interorganizational interaction, Quintuple Helix, digital platform, digital transformation, regional development, government, business, science, civil society, environmental dimension.

References

1. Egorova A.A., Maltsev Yu.G., Bannikova E.S., Dvinin D.Yu. Ecosystem approach to balanced regional development. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2022, no. 6 (464), pp. 131–144. DOI: 10.47475/1994-2796-2022-10614.
2. Raikhlina A.V., Patrusheva E.G. Modernization of regional development institutions. Ecosystem approach. *ECO*, 2024, vol. 54, no. 2, pp. 201–215. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-201-215.
3. Koch M., Krohmer D., Naab M., Rost D., Trapp M. A matter of definition: Criteria for digital ecosystems. *Digital Business*, 2022, vol. 2, no. 2, art. 100027. DOI: 10.1016/j.digbus.2022.100027.
4. Abramov V.I., Andreev V.D. Digital ecosystem of the region: Practical aspects of implementation and structural components. *Ars Administrandi*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 251–271. DOI: 10.17072/2218-9173-2023-2-251-271.
5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the integrative device. *Triple Helix*, 2022, vol. 9, no. 1, pp. 65–75. DOI: 10.1163/21971927-bja10028.
6. Donati L., Stefani G., Bellandi M. The evolutionary emergence of Quintuple Helix coalitions: A case study of place-based sustainability transition. *Triple Helix*, 2023, vol. 10, no. 1, pp. 125–155. DOI: 10.1163/21971927-12340010.
7. Durán-Romero G., López A.M., Beliaeva T., Ferasso M., Garonne C., Jones P. Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, vol. 160, art. 120246. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120246.
8. Kitsios F., Kamariotou M., Grigoroudis E. Digital entrepreneurship services evolution: Analysis of Quadruple and Quintuple Helix innovation models for open data ecosystems. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no. 21, art. 12183. DOI: 10.3390/su132112183.
9. Bartoloni S., Calò E., Marinelli L., Pascucci F., Dezi L., Carayannis E., Revel G.M., Gregori G.L. Towards designing Society 5.0 solutions: The new Quintuple Helix – Design Thinking approach to technology. *Technovation*, 2022, vol. 113, art. 102413. DOI: 10.1016/j.technovation.2021.102413.
10. Merino-Barbancho B., Abril Jiménez P., Mallo I., Lombroni I., Cea G., López Nebreda C., Cabrera M.F., Fico G., Arredondo M.T. Innovation through the Quintuple Helix in living labs: Lessons learned for a transformation from lab to ecosystem. *Frontiers in Public Health*, 2023, vol. 11, art. 1176598. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1176598.
11. Topoleva T.N. Modeling a digital platform of the innovative production ecosystem of the region. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2024, no. 4, pp. 135–143. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-135-143.
12. Melnik A.A. Basic principles of API interface construction and design. *Vestnik Nauki*, 2025, no. 10 (91), pp. 637–643.
13. Fedorov A.M., Datyev I.O., Shishaev M.G., Fedotov S.S., Vishnyakov I.G. Information and analytical system to support regional development management based on open big data from social media: Development concept and implementation practice. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences*, 2022, vol. 13, no. 2, pp. 5–22. DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.2.001.
14. Vinogradova I.M. Creation and development of digital ecosystems in Russia as a means of communication between the authorities and citizens. *PolitBook*, 2024, no. 2, pp. 6–23.
15. GOST R 70992-2023. *Digital industry. Integration and interoperability of systems. Terms and definitions*. Moscow, Russian Institute for Standardization, 2023.

Влияние геополитической ситуации на развитие косметического рынка и риски при поставке сырья

Луговнин Анатолий Сергеевич
аспирант, кафедра Менеджмента, Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский университет „Синергия“», tolya.lugovnin@yandex.ru,

Соловей Яким Пайвастунович
аспирант, кафедра Менеджмента, Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский университет „Синергия“», solovei.akim@ya.ru

Цель статьи состоит в том, чтобы выявить направления развития косметического рынка и риски при поставке сырья с учетом существующей геополитической обстановки в мире. Важность темы определяется тем, что в последние годы ситуация в мире сильно оказывает влияние на мировой экономической рынок, в частности, на развитие отечественных отраслей промышленности. Не исключением стала и косметическая отрасль. Возникли серьезные проблемы с поставкой сырья, в связи с этим возникла необходимость разработки новых подходов к управлению такими предприятиями. Теоретический обзор содержит подходы авторов к изучению сущности развития косметического рынка. Научная новизна состоит в том, что предложена модель обнаружения возможных рисков и их сокращение для нормализации поставок сырья в косметической отрасли с учетом происходящей технологизации. Результаты работы содержат описание дальнейших перспектив и направлений изучаемой сферы.
Ключевые слова: косметический рынок, геополитическая обстановка, риски, сырье, поставка, цифровизация, технологии.

Введение

Актуальность темы состоит в том, что за последние пять лет геополитическая напряженность приобрела новое значение, став главным негативным фактором, который перекрывает привычные аспекты работы рынков. Косметическая отрасль, которая на протяжении долгого времени была достаточно устойчивой к внешним потрясениям, также столкнулась с рядом проблем. Имеется ввиду не только рост цен на готовую продукцию, но и серьезные сбои с поставкой сырья, включая консерванты и активные добавки. Большинство российских производителей косметики находились в зависимости от европейских и азиатских поставщиков, а когда логистические цепочки приостановились, то обнаружилось, что быстрой замены сырья нет. Также сильно обострилась ситуация в 2022 году, когда многие зарубежные предприятия либо ушли с рынка, либо приостановили поставки. Ответом отечественных производителей стала попытка переориентироваться на сырьё из дружественных стран. Но здесь также возникли трудности, такие как разница в стандартах качества, долгая сертификация, необходимость перестраивать рецептуры. Кроме этого, активно происходит сейчас технологическая трансформация отрасли. Создаются цифровые платформы, системы прогнозирования и автоматизация управления запасами. Все это в совокупности привело к необходимости пересмотра подходов и методов управления отраслью.

В теоретическом плане стоит сказать, что исследователи Ярош О.Б., Плешакова М.В., Трилицкая О.Ю. провели анализ и оценку конкурентоспособности косметической продукции на примере крымских брендов. Авторы определили, что несмотря на ограничения и различные вызовы, крымские косметические бренды продолжают вести бизнес и активно развиваться, привлекать новых покупателей и улучшать качество собственной продукции [8].

Сидорчукова Е. В., Буркот Е. Н., Гореликова А. С. установили, что в условиях геополитической ситуации в 2022-2023 гг. парфюмерно-косметическая отрасль начала активно развиваться. По их мнению этому поспособствовали: COVID-19, санкционное давление со стороны США и ЕС, что повлекло за собой уход из отечественного рынка ряда иностранных компаний [5]. Это позволило российским организациям увеличить продажи собственных продуктов, наладить логистические цепочки через территории стран, состоящих в партнерских отношениях с Россией, а также появлению на рыке новых отечественных брендов, которые все больше занимают значительную долю в данном сегменте.

Методология исследования

Методы данного исследования основываются на изучении современных научных публикаций, анализе и систематизации информации по развитию косметического рынка в России. Применены методы статистики, обзора деятельности ассоциаций парфюмерно-косметической промышленности. По итогу была выстроена вероятностная модель, позволяющая обнаружить и идентифицировать риски. Для написания выводов и направлений развития косметической отрасли использован метод обобщения.

Результаты и обсуждение

Как известно, косметический рынок в стране претерпел серьезные структурные изменения. Сейчас заметно выросла доля локальных брендов, изменилась ассортиментная политика предприятий, то есть, производители стали активнее выпускать продукты класса «эконом» и «средний» сегменты, так как премиальные позиции требуют дорогого импортного сырья кроме этого, произошло ускорение процесса импортозамещения. Компании стали разрабатывать собственные рецептуры на основе отечественных эмульгаторов и загустителей, хотя их качество пока уступает зарубежным аналогам по стабильности и органолептическим свойствам [6, 7].

Необходимо выделить тот факт, что геополитическое давление подтолкнуло развитие технологических платформ в косметической отрасли. Например, три крупных дистрибьютора запустили онлайн-сервисы для поиска альтернативных поставщиков сырья, используя при этом функцию автоматического сравнения спецификаций. Происходящая цифровизация также привела к тому, что цифровые двойники цепочек поставок стали активно применяться и на средних предприятиях. Но назвать процесс массовым пока еще не предоставляется возможным, так как мешают высокая стоимость внедрения и нехватка квалифицированных кадров [3].

Вместе с этим сильно изменилось и потребительское поведение. Нынешние покупатели стали чаще обращать внимание на страну происхождения продукта, изучать прозрачности логистики. Все эти факторы создали дополнительное давление на производителей. Поэтому они вынуждены не только обеспечить наличие сырья, но и документально подтвердить его происхождение.

Что касается рисков, то здесь целесообразно выделить четыре основные группы. К первой относятся логистические риски. Они вызваны закрытием портов, отказом транспортных компаний от маршрутов через недружественные юрисдикции, увеличением сроков доставки до 2–3 месяцев. Например, в

марте 2023 года партия гелеобразователя из Индии остановилась на терминале в Новороссийске по причине санкционных ограничений на транзакции. В итоге завод простаивал пять дней, а убытки выросли до 4 млн. рублей. Еще один случай связан с тем, что контейнер с французскими эфирными маслами перенаправляли через Казахстан. Он находился в пути почти три месяца, и масла частично потеряли свои органолептические свойства [1, 2].

Еще одна серьезная группа рисков относится к финансовым, таким как волатильность курсов валют, блокировка платежей через SWIFT, рост стоимости аккредитивов. Так, например, в 2024 году цена на китайский бентонит выросла на 40% только из-за необходимости оплачивать транзакции через третьи банки с комиссией до 8%. Кроме этого, участились случаи, когда поставщик требовал предоплату 100% вместо обычных 30%, и это замораживало оборотные средства мелких фабрик на 2-3 месяца [1].

Регуляторные риски включают изменения в требованиях к сертификации. Могут возникать значительные расхождения стандартов ЕАЭС и национальных норм стран-экспортеров. Например, турецкий эмульгатор, имевший сертификат COSMOS, не прошёл российскую регистрацию по причине отсутствия испытаний на микробиологическую чистоту [4]. Процесс переоформления в итоге занял четыре месяца.

Также имеются и риски зависимости от одного источника. То есть, большинство малых и средних предприятий работали с одним-двумя поставщиками по каждому виду сырья. Когда один из основных поставщиков прекратил действие контракта в одностороннем порядке, то предприятию потребовалось полгода, чтобы найти замену и адаптировать технологию.

В целом, можно обозначить, что самые тяжелые последствия возникают не по причине самого события, а из-за запоздалого реагирования. Компании, у которых уже были развёрнуты системы раннего оповещения, например, дашборды с индикаторами таможенных задержек, смогли справляться с кризисами в два раза быстрее. Далее, опираясь на анализ рисков, можно разделить все закупаемое косметическое сырье на три основных категории в зависимости от критичности и возможности замены (таблица 1).

Таблица 1
Описание рисков по категориям сырья

Категория сырья	Примеры	Доля импорта, %	Средний срок замещения (мес.)	Основной риск
Уникальные активные компоненты	пептиды, эксклюзивные экстракты, специализированные силиконы	90	9-12	Невозможность быстрой замены без потери свойств
Стандартные функциональные ингредиенты	эмульгаторы, загустители, ПАВ	70	4-6	Высокая цена при переключении на нового поставщика
Вспомогательные и упаковочные материалы	флаконы, дозаторы, этикетки	50	2-3	Логистические задержки

Данные таблицы 1 показывают, что самыми уязвимыми остаются уникальные активные компоненты. Именно они создают конкурентное преимущество продукта, и отказ от них ведёт к потере позиций на рынке. Одновременно с этим для вспомогательных материалов уже появились достойные российские альтернативы, но многие предприятия по привычке продолжали закупать их за рубежом.

Итак, на основе полученных данных и анализа рисков предлагается авторская модель, объединяющую мониторинг и реакцию на появление возможных угроз и негативных факторов, оказывающих влияние на изучаемую отрасль экономики (рисунок 1).

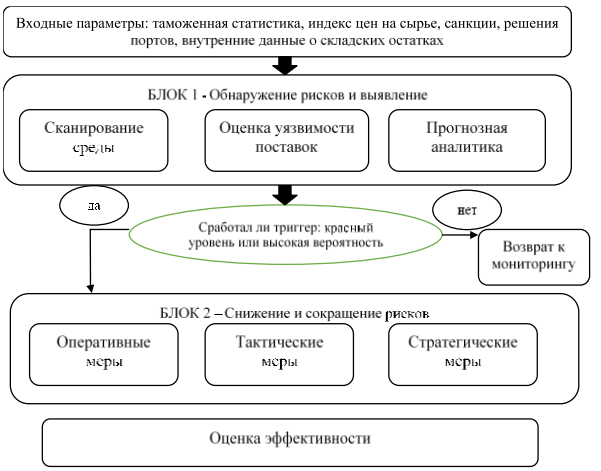


Рисунок 1 – Модель обнаружения рисков и их сокращение для нормализации поставок сырья в косметической отрасли
Источник: составлено автором

Первый блок модели предполагает обнаружение рисков, а второй блок направлен на сокращение и уменьшение их последствий. Технологическая составляющая реализована с помощью цифровых инструментов на каждом этапе. Обнаружение угроз выстроено на основе непрерывного чтения новостных лент и баз данных с помощью простых доступных порталов. Далее проводится оперативный мониторинг собственных запасов. Это значит, что, например, каждый понедельник закупщик вносит остатки по критичным позициям. В свою очередь, система автоматически показывает это в системе. Прогнозный блок подразумевает, что на основе исторических данных о задержках строится простейшая модель временного ряда. Она и будет сигналом о нехарактерных паузах в отгрузках.

В случае, когда в одном блоке достигается порог «высокого риска», то запускается второй блок и разрабатываются необходимые меры. Например, при красном уровне по конкретному виду сырья менеджер должен в течение двух часов проверить альтернативных поставщиков на цифровой платформе. Стратегические меры чаще всего инициируются после повторения красного сигнала трижды за месяц.

Заключение

Таким образом, существующая нестабильная геополитическая обстановка вынудила косметический рынок искать новые формы устойчивости. В ходе анализа было определено, что риски поставок сырья носят комплексный характер. Они включают логистические, финансовые и регуляторные проблемы, которые могут накладываться друг на друга. При этом их эффект усиливается по причине узкой специализации большинства российских производителей. В качестве перспективного решения снижения уязвимости становится комбинация организационных мер, которые предполагают диверсификацию поставщиков, создание резервных складов и применение цифровых инструментов. Предлагаемая блочная модель основывается на регулярности сбора данных и четком разделении оперативных, тактических и стратегических действий. В дальнейшем отрасль будет развиваться с постепенным переходом на отечественное сырьё. В тоже время на ближайшие три-пять лет продолжит сохраняться зависимость от импорта по узким позициям.

Литература

1. Аналитический обзор российской парфюмерно-косметической отрасли. Pharmmedprom.ru. [Электронный ресурс]. URL: https://pharmmedprom.ru/wp-content/uploads/2022/08/analiticheskii-obzor-parfyumerno-kosmeticheskoi-otrasli-fmp.pdf?ysclid=lj7epgtba7871554132 (дата обращения: 01.06.2026).
2. Максимов М. И., Гришин Е. Г., Петухов С. А. Об актуальном состоянии российского рынка косметических средств: анализ и прогноз // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2024. – № 5. – С. 98–108.
3. Неделько А.Г. Влияние цифровой трансформации на финансовые показатели компании: 3 направления эффекта // Прогрессивная экономика. 2026. № 5. С. 309–324.
4. Препарат «Biootic» производства Турция не прошел государственную регистрацию. URL: https://102.fsvps.gov.ru/news/preparat-biootic-proizvodstva-turcija-ne-proshel-gosudarstvennuju-registraciju/?ysclid=mpweqja1qp197112021 (дата обращения 01.06.2026).
5. Сидорчукова Е. В., Буркот Е. Н., Гореликова А. С. Оценка состояния и перспектив развития парфюмерно-косметической индустрии в России // ЕГИ. 2024. №2 (52). С. 230-235.
6. Тимохин, А. А. Проблемы управления цепями поставок и пути их решения в косметической индустрии Российской Федерации / А. А. Тимохин // Экономические отношения. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 515-532.
7. Хаирова, С. М. Трансформация логистических маршрутов поставок российской продукции на экспорт в условиях санкционных ограничений (2022–2026 гг.): системный анализ и математическое моделирование / С. М. Хаирова, В. В. Перская, Б. Г. Хаиров // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 4. – С. 2049-2074.
8. Ярош О.Б., Плешакова М.В., Трилицкая О.Ю. Перспективы развития рынка региональных косметических товаров // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 6А. С. 208-220.

The impact of the geopolitical situation on the development of the cosmetics market and the risks associated with the supply of raw materials

Lugovnin A.S., Solovey Ya.P.
Moscow University 'Synergy'

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The purpose of the article is to identify the directions of development of the cosmetics market and the risks associated with the supply of raw materials, taking into account the current geopolitical situation in the world. The importance of the topic is determined by the fact that in recent years the situation in the world has strongly influenced the global economic market, in particular, the development of domestic industries. The cosmetics industry is no exception. There were serious problems with the supply of raw materials, and therefore there was a need to develop new approaches to managing such enterprises. The theoretical review contains the authors' approaches to the study of the essence of the development of the cosmetics market. The scientific novelty lies in the fact that models are proposed for detecting possible risks and reducing them in order to normalize the supply of raw materials in the cosmetics industry,

taking into account the ongoing technologization. The results of the work contain a description of further prospects and directions of the studied area.

Keywords: cosmetics market, geopolitical situation, risks, raw materials, supply, digitalization, technologies.

References

1. Analytical review of the Russian perfumery and cosmetics industry. Pharmmedprom.ru . [Electronic resource]. URL: https://pharmmedprom.ru/wp-content/uploads/2022/08/analiticheskii-obzor-parfyumerno-kosmeticheskoi-otrasli-fmp.pdf?ysclid=lj7epgtba7871554132 (accessed: 06/01/2026).
2. Maksimov M. I., Grishin E. G., Petukhov S. A. On the current state of the Russian cosmetics market: analysis and forecast // Innovative economics: information, analytics, forecasts. - 2024. – No. 5. – pp. 98-108.
3. Nedelko A.G. The impact of digital transformation on the financial performance of the company: 3 directions of effect // Progressive Economics. 2026. No. 5. pp. 309-324.
4. The drug "Biootic" produced in Turkey has not passed state registration. URL: https://102.fsvps.gov.ru/news/preparat-biootic-proizvodstva-turcija-ne-proshel-gosudarstvennuju-registraciju/?ysclid=mpweqja1qp197112021 (accessed 06/01/2026).
5. Sidorchukova E. V., Burkot E. N., Gorelikova A. S. Assessment of the state and prospects of the perfume and cosmetics industry in Russia // EGI. 2024. №2 (52). pp. 230-235.
6. Timokhin, A. A. Supply chain management problems and solutions in the cosmetics industry of the Russian Federation / A. A. Timokhin // Economic relations. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – pp. 515-532.
7. Khairova, S. M. Transformation of logistics routes for the export of Russian products under sanctions restrictions (2022-2026): system analysis and mathematical modeling / S. M. Khairova, V. V. Perskaya, B. G. Khairov // Economics, entrepreneurship and Law. – 2026. – Vol. 16, No. 4. – pp. 2049-2074.
8. Yarosh O.B., Pleshakova M.V., Trilitskaya O.Y. Prospects for the development of the regional cosmetics market // Economics: yesterday, today, tomorrow. 2024. Volume 14. No. 6A. pp. 208-220.

Теории пространственного распределения человеческого капитала

Грачев Сергей Александрович
кандидат экономических наук, доцент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ),

Малачиев Ибрагим Магомедович
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)

В статье систематизированы теоретические подходы к пространственному распределению человеческого капитала. Рассмотрены положения новой экономической географии, моделей пространственного равновесия, локальных внешних эффектов и пространственной сортировки. Предложена авторская модель, разграничивающая формирование человеческого капитала и условия его территориального закрепления. На данных российских регионов показано, что высокая концентрация образовательной инфраструктуры не обеспечивает аналогичного преимущества регионального рынка труда. Определены механизмы, способствующие устойчивому воспроизводству пространственных различий человеческого капитала.

Ключевые слова: человеческий капитал, пространственное распределение, региональное неравенство, агломерационные эффекты, образовательная миграция, пространственная сортировка, региональная экономика.

Введение

Человеческий капитал является фактором регионального развития и одновременно объектом пространственного перераспределения. Знания и профессиональные компетенции непосредственно связаны с их носителями, способными изменять место обучения, проживания и занятости. Регион вследствие этого может участвовать в формировании человеческого капитала, но не становиться территорией его последующего использования.

Пространственная неоднородность человеческого капитала формируется под воздействием образовательных возможностей, характеристик рынка труда, стоимости проживания, агломерационных эффектов и миграционной привлекательности. Концентрация квалифицированных работников способна повышать производительность и интенсивность обмена знаниями, расширяя спрос на сложные компетенции и создавая предпосылки для дальнейшего притока специалистов.

Теоретическое объяснение данных процессов сформировано несколькими направлениями пространственной экономики. Модель Дж. Робак связывает территориальный выбор с заработной платой, стоимостью жилья и локальными благами [1]. Новая экономическая география П. Кругмана объясняет возникновение структуры «центр – периферия» через возрастающую отдачу и кумулятивную концентрацию экономической активности [3]. Исследования Дж. Рауха, Э. Глейзера и Э. Моретти раскрывают локальные внешние эффекты человеческого капитала [4–6], а теория пространственной сортировки показывает, что различия между территориями связаны одновременно с характеристиками среды и селективным размещением работников [8; 9].

Российское пространство характеризуется значительными различиями в концентрации образовательных организаций, структуре занятости, уровне оплаты труда и миграционной привлекательности регионов [12–15]. Цель исследования состоит в систематизации теоретических механизмов пространственного распределения человеческого капитала и разработке интегрированной модели, учитывающей разграничение условий его формирования и последующей территориальной реализации.

Научная новизна заключается в объединении механизмов накопления, пространственной сортировки, агломерационных внешних эффектов и миграции в единую модель воспроизводства территориального неравенства человеческого капитала, а также в выделении двух самостоятельных характеристик региона – способности формировать человеческий капитал и способности обеспечивать условия его закрепления.

Методы

Исследование основано на сравнительном анализе, систематизации и теоретическом синтезе фундаментальных и современных работ по пространственной экономике. Хронологическое ограничение литературы не устанавливалось, поскольку исследование теорий пространственного распределения требует учета фундаментальных моделей, сформировавших современную научную дискуссию.

Эмпирическая часть основана на официальных данных Росстата и результатах исследований российских регионов. Для характеристики образовательной концентрации используется численность студентов программ бакалавриата, специалитета и магистратуры на 10 тыс. человек населения за 2024 г., для характеристики регионального рынка труда – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций за 2025 г. [16; 17]. Данные используются для выявления различий между потенциалом формирования человеческого капитала и условиями его экономической реализации, а не для установления непосредственной причинной зависимости.

Современная модель К. Десмета, Д.К. Надя и Э. Росси-Хансберга рассматривается как развитие динамической пространственной теории человеческого капитала [10]. Работа имеет статус NBER Working Paper и моделирует глобальную экономику, поэтому ее результаты не переносятся непосредственно на российские регионы. Исследование X. Yang и C. Zhang посвящено пространственной стратификации внутри моноцентрического города [11], вследствие чего его положения также не используются как непосредственная модель межрегионального распределения населения.

Результаты

1. Теоретические механизмы пространственного распределения человеческого капитала

Модель пространственного равновесия Дж. Робак предполагает, что выбор территории определяется не только заработной платой. Повышенные доходы могут компенсироваться более высокой стоимостью жилья, тогда как качество городской среды и общественных благ повышает привлекательность территории [1]. Для человеческого капитала данный подход означает необходимость оценки совокупных преимуществ профессиональной реализации и проживания.

Теория эндогенного роста Р. Лукаса связывает накопление человеческого капитала с долгосрочной производительностью экономики [2]. Накопленные знания создают дополнительную отдачу и влияют на последующие

возможности развития, поэтому исходные территориальные различия способны сохраняться длительное время.

Новая экономическая география П. Кругмана дополняет этот механизм пространственной обратной связью [3]. Концентрация фирм и работников расширяет рынок, а увеличение рынка создает стимулы для дальнейшей концентрации экономической активности. В отношении человеческого капитала подобная логика проявляется через взаимосвязь емкого рынка квалифицированного труда и миграционной привлекательности экономических центров.

Исследования внешних эффектов человеческого капитала показывают, что его территориальная концентрация способна создавать отдачу, превышающую индивидуальный эффект образования. Дж. Раух связывает средний уровень человеческого капитала города с заработной платой и земельной рентой [4]. Э. Глейзер рассматривает городскую среду как пространство профессионального обучения и передачи знаний [5]. Э. Моретти развивает представление о положительном воздействии квалифицированных работников на производительность окружающих их работников [6].

Пространственная сортировка уточняет интерпретацию агломерационных преимуществ. П.-Ф. Комб, Ж. Дюрантон и Л. Гобийон показывают, что часть территориальных различий производительности связана с концентрацией работников, которые изначально обладают различными характеристиками [8]. Р. Даймонд и С. Гобер рассматривают сортировку квалифицированных работников как результат различий в производительности, стоимости жилья и локальных характеристиках территорий [9].

Основные положения рассмотренных теорий представлены в таблице 1.

Таблица 1
Теоретические подходы к пространственному распределению человеческого капитала [составлено автором по: 1–10]

Подход	Основной механизм	Значение для распределения человеческого капитала
Пространственное равновесие	Соотношение заработной платы, стоимости проживания и локальных благ	Выбор территории определяется совокупной отдачей
Эндогенное накопление человеческого капитала	Накопление знаний повышает последующую производительность	Территориальные различия способны воспроизводиться во времени
Новая экономическая география	Кумулятивная концентрация фирм и работников	Экономические центры усиливают первоначальное преимущество
Локальные внешние эффекты	Обмен знаниями и профессиональное взаимодействие	Концентрация квалифицированных работников повышает производительность территории
Пространственная сортировка	Неодинаковые работники выбирают различные территории	Наблюдаемая производительность отражает средовые эффекты и селекцию работников

Систематизация показывает, что пространственное распределение человеческого капитала нельзя объяснить одним фактором. Образовательная инфраструктура определяет возможности первоначального формирования компетенций, рынок труда – потенциальную отдачу от них, а агломерационные преимущества и пространственная сортировка влияют на направление последующего перемещения работников.

2. Авторская модель пространственного воспроизводства человеческого капитала

Интеграция рассмотренных теорий позволяет разграничить два процесса: формирование человеческого капитала на территории и его закрепление и экономическую реализацию. Развитая система высшего образования увеличивает число квалифицированных специалистов, однако место получения образования и место последующей занятости могут не совпадать.

Предлагаемый механизм включает последовательную взаимосвязь: формирование человеческого капитала повышает потенциальное предложение квалифицированного труда; его концентрация способствует обмену знаниями и росту производительности; расширение высокопроизводительной занятости повышает отдачу от квалификации; увеличение ожидаемой отдачи усиливает привлекательность территории для квалифицированных работников. Возникает положительная обратная связь, способная поддерживать преимущество крупных экономических центров.

Для регионов с ограниченным спросом на квалифицированный труд возможен противоположный механизм. Система образования формирует человеческий капитал, но недостаточные возможности профессиональной реализации стимулируют отток выпускников. Снижение концентрации квалифицированных работников ограничивает локальные внешние эффекты и возможности формирования новых высокопроизводительных рабочих мест, вследствие чего различия с регионами-центрами сохраняются.

На этой основе территории могут быть разделены на четыре типа: регионы с высокими возможностями формирования и реализации человеческого капитала; образовательные центры с ограниченными возможностями его закрепления; территории, привлекающие человеческий капитал преимущественно извне; регионы с одновременно ограниченным образовательным и экономическим потенциалом. Данная типология характеризует не запас человеческого капитала сам по себе, а соотношение двух стадий его пространственного воспроизводства.

3. Российская региональная специфика

Российские исследования фиксируют устойчивую территориальную дифференциацию образовательной миграции и человеческого капитала [12–15]. Значительная концентрация студентов в отдельных регионах позволяет сопоставить интенсивность образовательного процесса с характеристиками соответствующих рынков труда.

Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2
Показатели формирования и экономической реализации человеческого капитала в отдельных регионах России [составлено автором по данным Росстата: 16; 17]

Территория	Студенты на 10 тыс. населения, 2024 г., чел.	Среднемесячная заработная плата, 2025 г., руб.
Российская Федерация	303	100 360
Москва	746	180 861
Санкт-Петербург	606	121 475
Томская область	643	85 829
Новосибирская область	369	86 546

Москва и Санкт-Петербург характеризуются одновременной концентрацией студентов и повышенным относительно среднего российского уровня показателем оплаты труда. Подобное сочетание соответствует механизму кумулятивной концентрации: образовательная инфраструктура функционирует в условиях крупного рынка труда, обеспечивающего сравнительно высокую номинальную денежную отдачу.

Иная конфигурация наблюдается в Томской области. Численность студентов составляет 643 человека на 10 тыс. населения, что более чем в два раза превышает среднероссийский показатель и уступает среди рассматриваемых территорий только Москве. Среднемесячная заработная плата при этом составляла 85,8 тыс. руб., или около 86 % российского уровня. Высокая образовательная концентрация, следовательно, не сопровождается аналогичным преимуществом регионального рынка труда.

Новосибирская область также имеет более высокую, чем в среднем по России, концентрацию студентов при заработной плате ниже среднероссийского значения. Полученные соотношения подтверждают необходимость разграничивать способность региона формировать человеческий капитал и способность создавать условия его последующей экономической реализации.

Заработная плата не является исчерпывающей характеристикой привлекательности территории. Пространственный выбор зависит также от стоимости жилья, цен, качества городской среды и профессиональных возможностей. Представленные показатели вследствие этого характеризуют только одну сторону пространственного равновесия. Одновременно выраженное расхождение образовательной концентрации и параметров рынка труда показывает, почему наличие сильной университетской системы само по себе не гарантирует закрепления сформированного человеческого капитала.

Миграционные данные также требуют осторожной интерпретации. Например, в Томской области в 2024 г. при общей убыли населения на 3657 человек был зафиксирован миграционный прирост 1618 человек. Следовательно, высокая образовательная концентрация не может автоматически интерпретироваться как свидетельство общего миграционного оттока. Для оценки непосредственно движения человеческого капитала требуется выделение возрастных, образовательных и профессиональных характеристик мигрантов.

Обсуждение

Полученные результаты позволяют рассматривать межрегиональное неравенство человеческого капитала как результат взаимодействия процессов его формирования и последующей пространственной сортировки. Университетская система создает предложение квалифицированных работников, тогда как экономическая структура региона определяет возможности использования накопленных компетенций.

Агломерационные внешние эффекты дополнительно усиливают данную зависимость. Территория, уже обладающая значительной концентрацией человеческого капитала, получает преимущества за счет обмена знаниями, профессиональных сетей и расширения рынка квалифицированного труда. Миграция при подобных условиях способна не выравнивать пространственные различия, а усиливать их.

Предложенная модель отличается от прямого переноса зарубежных пространственных моделей на российские регионы. Подходы Дж. Робак, П. Кругмана, Э. Моретти и других авторов используются для выделения универсальных экономических механизмов, тогда как их проявление в России оценивается на самостоятельном эмпирическом материале. Работа К. Десмета, Д.К. Надя и Э. Росси-Хансберга характеризует современное развитие пространственного моделирования человеческого капитала, но результаты глобальной модели требуют отдельной калибровки для российского регионального пространства [10].

Ограничением исследования является описательный характер эмпирической части. Представленные данные показывают различия между образовательной концентрацией и характеристиками рынка труда, но не устанавливают при-

чинного влияния образования, миграции или агломерации. Последующее исследование может быть основано на панельных данных субъектов Российской Федерации с включением показателей миграции лиц с высшим образованием, реальной заработной платы, стоимости жилья, производительности труда и инновационной активности.

Выводы

Пространственное распределение человеческого капитала формируется под воздействием взаимосвязанных механизмов накопления, агломерации, пространственного равновесия и сортировки работников. Концентрация квалифицированного населения способна повышать производительность территории и расширять спрос на сложные компетенции, создавая предпосылки для дальнейшего притока человеческого капитала.

Авторская модель разграничивает способность региона формировать человеческий капитал и способность обеспечивать условия его закрепления. Российские данные показывают, что данные характеристики могут существенно различаться. Москва и Санкт-Петербург сочетают высокую образовательную концентрацию с заработной платой выше среднероссийской, тогда как Томская и Новосибирская области при значительной концентрации студентов характеризуются более низким уровнем номинальной оплаты труда.

Региональная политика накопления человеческого капитала вследствие этого не может ограничиваться развитием системы образования. Закрепление квалифицированных работников связано с наличием высокопроизводительной занятости, профессиональных рынков, инновационной среды и совокупной привлекательностью территории. Несогласованность процессов формирования и использования человеческого капитала способна поддерживать устойчивые различия между регионами.

Литература

1. Roback J. Wages, Rents, and the Quality of Life // Journal of Political Economy. – 1982. – Vol. 90, № 6. – P. 1257–1278. – DOI: 10.1086/261120.
2. Lucas R.E. Jr. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. – 1988. – Vol. 22, № 1. – P. 3–42. – DOI: 10.1016/0304-3932(88)90168-7.
3. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography // Journal of Political Economy. – 1991. – Vol. 99, № 3. – P. 483–499. – DOI: 10.1086/261763.
4. Rauch J.E. Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities // Journal of Urban Economics. – 1993. – Vol. 34, № 3. – P. 380–400. – DOI: 10.1006/juec.1993.1042.
5. Glaeser E.L. Learning in Cities // Journal of Urban Economics. – 1999. – Vol. 46, № 2. – P. 254–277. – DOI: 10.1006/juec.1998.2121.
6. Moretti E. Human Capital Externalities in Cities // Handbook of Regional and Urban Economics. – 2004. – Vol. 4. – P. 2243–2291. – DOI: 10.1016/S1574-0080(04)80008-7.
7. Berry C.R., Glaeser E.L. The Divergence of Human Capital Levels across Cities // Papers in Regional Science. – 2005. – Vol. 84, № 3. – P. 407–444. – DOI: 10.1111/j.1435-5957.2005.00047.x.
8. Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L. Spatial Wage Disparities: Sorting Matters! // Journal of Urban Economics. – 2008. – Vol. 63, № 2. – P. 723–742. – DOI: 10.1016/j.jue.2007.04.004.
9. Diamond R., Gaubert C. Spatial Sorting and Inequality // Annual Review of Economics. – 2022. – Vol. 14. – P. 795–819. – DOI: 10.1146/annurev-economics-051420-110839.
10. Desmet K., Nagy D.K., Rossi-Hansberg E. Human Capital Accumulation Across Space. – Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2025. – Working Paper № 34310. – DOI: 10.3386/w34310.
11. Yang X., Zhang C. Travelling for Public Goods, Neighborhood Effect and Spatial Stratification // International Review of Economics & Finance. – 2023. – Vol. 84. – P. 128–139.
12. Курбатова М.В., Донова И.В., Кранзеева Е.А., Леухова М.Г. Образовательная миграция в регионах ресурсного типа // Мир России. – 2022. – Т. 31, № 1. – С. 91–112.
13. Питухин Е.А., Зятева О.А., Щеголева Л.В., Соколов В.Е. Образовательная миграция в регионах России: статистический подход // Высшее образование в России. – 2023. – Т. 32, № 8–9. – С. 48–69.
14. Божечкова А.В., Джункеев У.К., Диденко Д.В., Кончаков Р.Б. Человеческий капитал и экономическое развитие регионов России в контексте долгосрочной исторической динамики // Terra Economicus. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 60–76.
15. Власов М.В., Сафонов А.О. Кластеризация регионов Российской Федерации по уровню развития человеческого капитала // Региональная экономика: теория и практика. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 316–348.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025 : стат. сб. / Росстат. – М., 2025. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204 (дата обращения: 22.09.2026).
17. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в целом по экономике по субъектам Российской Федерации за 2000–2025 гг. / Росстат. – URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries (дата обращения: 22.09.2026).

Theories of the Spatial Distribution of Human Capital

Grachev S.A., Malachiev I.M.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov (VlSU)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article systematizes theoretical approaches to the spatial distribution of human capital, including the new economic geography, spatial equilibrium models, local human capital externalities and spatial sorting. An integrated model distinguishing human capital formation from its territorial retention is proposed. Russian regional data demonstrate that a high concentration of educational infrastructure does not necessarily correspond to similarly favorable labor-market conditions. The mechanisms contributing to persistent spatial inequality in human capital are identified.

Keywords: human capital, spatial distribution, regional inequality, agglomeration effects, educational migration, spatial sorting, regional economics.

References

1. Roback J. Wages, Rents, and the Quality of Life // Journal of Political Economy. – 1982. – Vol. 90, No. 6. – P. 1257–1278. – DOI: 10.1086/261120.
2. Lucas R.E. Jr. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. – 1988. – Vol. 22, No. 1. – P. 3–42. – DOI: 10.1016/0304-3932(88)90168-7.
3. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography // Journal of Political Economy. – 1991. – Vol. 99, No. 3. – P. 483–499. – DOI: 10.1086/261763.
4. Rauch J.E. Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities // Journal of Urban Economics. – 1993. – Vol. 34, No. 3. – P. 380–400. – DOI: 10.1006/juec.1993.1042.
5. Glaeser E.L. Learning in Cities // Journal of Urban Economics. – 1999. – Vol. 46, No. 2. – P. 254–277. – DOI: 10.1006/juec.1998.2121.
6. Moretti E. Human Capital Externalities in Cities // Handbook of Regional and Urban Economics. – 2004. – Vol. 4. – P. 2243–2291. – DOI: 10.1016/S1574-0080(04)80008-7.
7. Berry C.R., Glaeser E.L. The Divergence of Human Capital Levels across Cities // Papers in Regional Science. – 2005. – Vol. 84, No. 3. – P. 407–444. – DOI: 10.1111/j.1435-5957.2005.00047.x.
8. Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L. Spatial Wage Disparities: Sorting Matters! // Journal of Urban Economics. – 2008. – Vol. 63, No. 2. – P. 723–742. – DOI: 10.1016/j.jue.2007.04.004.
9. Diamond R., Gaubert C. Spatial Sorting and Inequality // Annual Re-view of Economics. – 2022. – Vol. 14. – P. 795–819. – DOI: 10.1146/annurev-economics-051420-110839.
10. Desmet K., Nagy D.K., Rossi-Hansberg E. Human Capital Accumulation Across Space. – Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2025. – Working Paper No. 34310. – DOI: 10.3386/w34310.
11. Yang X., Zhang C. Traveling for Public Goods, Neighborhood Effect and Spatial Stratification // International Review of Economics & Finance. – 2023. – Vol. 84. – P. 128–139.
12. Kurbatova M.V., Donova I.V., Kranzeeva E.A., Leukhova M.G. Educational Migration in Resource-Based Regions // Universe of Russia (Mir Rossii). – 2022. – Vol. 31, No. 1. – pp. 91–112.
13. Pitukhin E.A., Zyateva O.A., Shchegoleva L.V., Sokolov V.E. Educational Migration in the Regions of Russia: A Statistical Approach // Higher Education in Russia. – 2023. – Vol. 32, No. 8–9. – pp. 48–69.
14. Bozhechkova A.V., Dzhunkeev U.K., Didenko D.V., Konchakov R.B. Human Capital and Economic Development of Russian Regions in the Context of Long-Term Historical Dynamics // Terra Economicus. – 2024. – Vol. 22, No. 2. – pp. 60–76.
15. Vlasov M.V., Safonov A.O. Clustering of the Regions of the Russian Federation by the Level of Human Capital Development // Regional Economics: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 22, No. 2. – pp. 316–348.
16. Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2025: Statistical Yearbook / Rosstat. – Moscow, 2025. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204 (accessed: 22.09.2026). 17. Average monthly nominal accrued wages of employees across the entire economy, by constituent entities of the Russian Federation, 2000–2025 / Rosstat. – URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries (accessed: 22.09.2026).

Современный инструментарий маркетинга оценки степени влияния ключевых факторов на формирования маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона

Малюта Ксения Сергеевна
старший преподаватель кафедры «Экономика», Мелитопольский государственный университет, maliytak@yandex.ru

В статье рассмотрен современный инструментарий маркетинговой оценки степени влияния ключевых факторов на формирование маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона. Особое внимание уделено использованию методов априорного ранжирования, позволяющих определить значимость факторов и выявить приоритетные направления стратегического воздействия. Для обоснования распределения ресурсов между наиболее существенными факторами предложено применение динамического программирования, обеспечивающего выбор оптимальных стратегических решений в условиях ограниченности ресурсов. Оценка эффективности применения маркетинговых стратегий осуществляется на основе интегрального показателя конкурентоспособности, позволяющего комплексно учитывать совокупность характеристик деятельности аграрных предприятий. Определены наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на процесс формирования маркетинговых стратегий, а также раскрыты возможности их трансформации в инструменты маркетинг-микса 7Р. Предложенный подход обеспечивает возможность выявления ключевых факторов развития, определения эффективных направлений их регулирования и формирования научно обоснованных маркетинговых стратегий, ориентированных на повышение конкурентоспособности аграрных предприятий региона.

Ключевые слова: маркетинговая стратегия, аграрные предприятия, априорное ранжирование, динамическое программирование, интегральная оценка, конкурентоспособность, факторы развития, маркетинг-микс 7Р.

Публикация выполнена в рамках научной темы: FRRS-2026-0025 Институциональное обеспечение устойчивого развития Запорожской области.

Введение

В современных условиях аграрные предприятия региона функционируют под воздействием комплекса экономических, рыночных, институциональных и социальных факторов, определяющих эффективность их деятельности и перспективы дальнейшего развития. Усиление конкуренции на агропродовольственных рынках, изменение потребительских предпочтений, необходимость повышения эффективности использования ресурсов и обеспечения устойчивости хозяйственной деятельности обусловливают возрастающую роль маркетинговых стратегий как инструмента обеспечения конкурентных преимуществ. В этой связи особую актуальность приобретает поиск научно обоснованных подходов к формированию маркетинговых стратегий, учитывающих специфику аграрного производства и региональные особенности развития.

Особую научную и практическую значимость приобретает разработка методического инструментария, позволяющего объединить процедуры выявления факторов, оценки их значимости и определения направлений стратегического воздействия в единую систему. Перспективным является использование методов априорного ранжирования, динамического программирования и интегральной оценки конкурентоспособности, обеспечивающих возможность количественного обоснования маркетинговых решений и выбора наиболее эффективных направлений развития аграрных предприятий региона.

Актуальность исследования определяется необходимостью совершенствования современных инструментов маркетинговой оценки факторов формирования маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона, а также разработки научно-методического подхода, обеспечивающего повышение обоснованности стратегических решений и укрепление конкурентных позиций аграрного сектора.

Материалы и методы

Материалами исследования послужили официальные статистические данные о развитии аграрного сектора региона, показатели деятельности аграрных предприятий, материалы государственных органов управления агропромышленным комплексом, результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области стратегического маркетинга и управления конкурентоспособностью, а также экспертные оценки специалистов аграрной отрасли.

Методическая основа исследования базируется системного подхода. В ходе исследования применялись методы анализа и синтеза, логического обобщения, экспертных оценок, априорного ранжирования, интегральной оценки и динамического программирования. Для исследования внешней и внутренней среды функционирования аграрных предприятий использовались SWOT- и PEST-анализ, а для определения приоритетных направлений стратегического развития — методы сравнительного анализа.

Литературный обзор

Теоретические основы формирования маркетинговых стратегий представлены в трудах Ф. Котлера, Ж.-Ж. Ламбена, Д. Аакера, К. Л. Келлера, Ш. Шета, Г. Л. Багиева, Е. П. Голубкова; вопросы экспертного оценивания и априорного ранжирования факторов получили развитие в работах М. Кендалла, П. Фишберна, Т. Саати и Е. С. Вентцель. Методологические основы динамического программирования заложены Р. Беллманом и развиты С. Дрейфусом, Ф. Хилльером и Дж. Либерманом, тогда как проблемы комплексной оценки конкурентоспособности исследовались М. Портером, Р. А. Фатхутдиновым, Г. Л. Азоевым и А. Ю. Юдановым. Несмотря на значительное количество исследований, недостаточно разработанным остается вопрос комплексного применения априорного ранжирования, динамического программирования и интегральной оценки для определения степени влияния ключевых факторов на формирование маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона, что определяет необходимость дальнейшего развития соответствующего методического инструментария.

Результаты

Для формирования единой системы стратегического обеспечения необходимым условием является применение математических моделей и методов. На начальном этапе, с целью предварительной оценки факторов, оказывающих влияние на объект исследования, выявление среди них наиболее значимых, целесообразным является их априорное ранжирование с использованием метода экспертной оценки [8].

Важнейшим аспектом является выявление синергетического эффекта данных факторов в системе. Чтобы определить такой эффект был выбран метод динамического программирования факторов, который позволяет не только оценивать систему в статике, но и прогнозировать развитие, учитывая динамику взаимодействия различных элементов [1,2,6,7].

С этой целью процесс разбивается на n шагов и на k – м шаге оптимизируется воздействие не на все факторы, а только с k – го по n – й. При этом допускается, что на остальные факторы (с 1 – го по (k - 1) - й) тоже оказывается воздействие и поэтому, на воздействие факторов с k – го по n – й остаются не все средства, а некоторая величина $c_k \leq a$.Эта величина и будет являться переменной состояния системы. Переменной управления на k – м шаге будет являться величина x_k воздействий, оказываемых на k – й фактор.

В качестве функции Беллмана $F_k(c_k)$ на k – м шаге выбирается максимально возможный эффект, который можно получить, воздействуя на факторы с с k – го по n – й при условии, что на их воздействие осталось x_k средств. Функция Беллмана при этом имеет вид [3]

$$F_k(c_k) = \max_{x_k \leq c_k}\{g_k(x_k) + F_k(c_k - x_k)\}.$$

В качестве исходных данных для решения задачи использован фрагмент матрицы рангов, полученной в результате обработки анкет и ограниченный десятью наиболее существенными факторами [8,9].

При этом предполагается, что предприятие располагает 1 единицей ресурсов, которые необходимо распределить для воздействия на упомянутые факторы. Исходное состояние системы отражено в таблице 1.

Таблица 1
Исходное состояние системы (авторская разработка)

x	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	14	15	11	12	9	13	9	7	8	5
0,2	15	13	10	12	11	14	10	8	6	7
0,3	14	13	12	11	10	15	9	7	8	6
0,4	13	14	11	12	9	15	10	8	6	6
0,5	12	13	11	15	9	14	9	8	7	6
0,6	15	15	14	10	9	12	11	8	7	5
0,7	14	13	12	11	10	15	9	7	8	6
0,8	15	12	13	10	11	14	9	7	8	7
0,9	14	15	12	11	9	13	9	8	7	6
1,0	13	14	13	10	11	12	7	7	6	8

С целью приведения размеров ресурсов и значений рангов к величинам одного порядка, использован масштаб μ = 0,1. При этом значение фактора будет равно:

$V_i = \mu\, v_i$.

Исходное состояние системы с использованием масштаба отражено в таблице 2.

На основе исходных данных системы выполняется расчет условной оптимизации, который позволяет определить оптимальные решения с учетом

существующих ограничений [4]. Это обеспечивает реалистичность модели и применимость результатов в практических задачах управления системой. Хотя условная оптимизация позволяет учитывать существующие ограничения и

Таблица 2
Исходное состояние системы с использование масштаба (авторская разработка)

x	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,4	1,5	1,1	1,2	0,9	1,3	0,9	0,7	0,8	0,5
0,2	1,5	1,3	1,0	1,2	1,1	1,4	1,0	0,8	0,6	0,7
0,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,5	0,9	0,7	0,8	0,6
0,4	1,3	1,4	1,1	1,2	0,9	1,5	1,0	0,8	0,6	0,6
0,5	1,2	1,3	1,1	1,5	0,9	1,4	0,9	0,8	0,7	0,6
0,6	1,5	1,5	1,4	1,0	0,9	1,2	1,1	0,8	0,7	0,5
0,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,5	0,9	0,7	0,8	0,6
0,8	1,5	1,2	1,3	1,0	1,1	1,4	0,9	0,7	0,8	0,7
0,9	1,4	1,5	1,2	1,1	0,9	1,3	0,9	0,8	0,7	0,6
1,0	1,3	1,4	1,3	1,0	1,1	1,2	0,7	0,7	0,6	0,8

приближает модель к реальным условиям функционирования системы, в данном случаев целесообразно рассматривать и безусловную оптимизацию. Такой подход применяется, когда ограничения либо отсутствуют, либо могут быть включены в структуру целевой функции в виде штрафных слагаемых. Переход к безусловной оптимизации упрощает вычислительные процедуры и служит основой для построения приближённых или предварительных решений, особенно на ранних этапах анализа [5].

Проведенные расчеты выявили что имеющиеся ресурсы необходимо распределить следующим образом: 30% - рентабельность производства, 20% развитие кооперации, 10% - производительность труда, фондообеспеченость предприятия, квалификация работников, миграция населения, глубина специализации.

Для определения конкурентоспособности, как ключевого показателя эффективности маркетинговых стратегий аграрных предприятий региона, применяем интегральный показатель конкурентоспособности, основанный на применении фактических данных и данных проведенного опроса [10,11]. Его особенность заключаются в комплексном и сбалансированном подходе к оценке рыночной позиции компании. Такой показатель сформирован посредством объединения объективных метрик, отражающих экономические и операционные аспекты деятельности, с субъективными оценками, полученными посредством проведенного эксперимента [16,17]. На основе этих данных был рассчитан интегральный показатель конкурентоспособности предприятий Запорожской области по установленной формуле[18,19]:

$$\text{Ik} = \sum_{i=1}^{n} W_i X_i$$

где Xi— значение частного показателя конкурентоспособности по i-му фактору;

Wi — весовой коэффициент значимости данного фактора, определяемый на основе экспертного или статистического анализа;

n — количество факторов, включенных в оценку.

Такой подход предоставил обоснованную базу для принятия управленческих решений, позволяющих адаптироваться к изменениям во внешней среде и сохранять устойчивость в условиях жесткой конкуренции [12, 13]. Для проведения сравнительной оценки исследования была выбрана Ростовская область, которая является одним из ведущих аграрных регионов России, обладая развитой инфраструктурой, высокой степенью механизации сельского хозяйства и благоприятными климатическими условиями для растениеводства и животноводства. Учитывая эти особенности, использование данного региона в качестве сравнительной базы при расчете интегрального показателя конкурентоспособности аграрных предприятий более чем обоснован [14,15].

В частности, был произведен расчет показателей конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

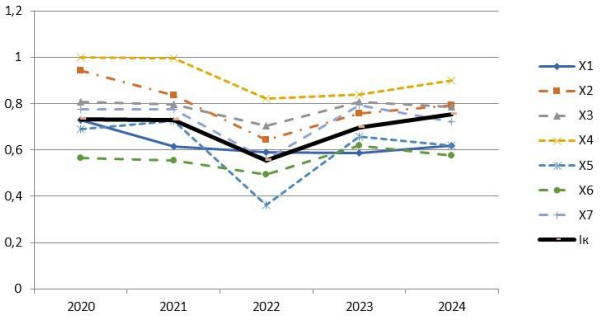


Рисунок 1 – Динамика конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области (рассчитано автором).

Уровень конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области в сопоставлении с конкурентами по результатам 2024 г. может быть охарактеризован как средний по отрасли (Ik = 0,75), что является недостаточным для эффективной работы регионального аграрного рынка.

Комплексное исследование факторов влияния и специфики их взаимодействия в системе позволило выявить структуру формирования интегральной оценки конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области (рис 2)

Визуализация динамики интегрального индекса в структуре факторного влияния позволяет сделать ряд выводов:

- уровень конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области на протяжении всего периода исследования находится на недостаточном уровне для ведения конкурентного производства;

- проведенные расчеты показали, что изменения фактических показателей не имеют общего характера. Это доказывает разнонаправленность

формирования конкурентоспособности аграрных предприятий и необходимости ее рассмотрения как единой системы;

- смена векторов влияния факторов на конкурентоспособность аграрных предприятий показала характер не повторности, что спровоцировано влиянием множества факторов и сложности определения характера их влияния. Это требует разработки оптимального инструментария оценки как степени, так и характера влияния факторов на систему.

Обсуждение. Результаты исследования подтвердили целесообразность комплексного применения априорного ранжирования, динамического программирования и интегральной оценки конкурентоспособности при формировании маркетинговых стратегий аграрных предприятий. Априорное ранжирование позволило определить значимость факторов, динамическое программирование — обосновать рациональное распределение ресурсов, а интегральная оценка — определить результативность стратегических решений. Теоретическая значимость заключается в развитии методического подхода к оценке и регулированию факторов конкурентоспособности на основе после-

довательного сочетания указанных методов. Практическая значимость состоит в возможности применения предложенного инструментария аграрными предприятиями для выявления приоритетных факторов, оптимизации ресурсного воздействия и обоснования маркетинговых стратегий, направленных на повышение конкурентоспособности.

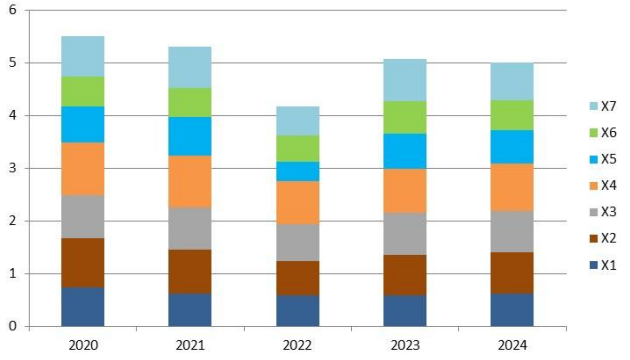


Рисунок 2- Динамика формирования уровня интегрального индекса конкурентоспособности аграрных предприятий Запорожской области в структуре влияния факторов (рассчитано автором)

Заключение. Таким образом, проведенное исследование позволило обосновать комплексный инструментарий формирования маркетинговых стратегий аграрных предприятий, основанный на последовательном применении априорного ранжирования, динамического программирования и интегральной оценки конкурентоспособности. Предложенный подход обеспечивает переход от выявления и определения значимости ключевых факторов к оптимизации ресурсного воздействия на них и оценке достигнутого уровня конкурентоспособности. Его применение повышает обоснованность стратегических решений и позволяет концентрировать ограниченные ресурсы на наиболее значимых направлениях развития. Полученные результаты создают методическую основу для формирования и корректировки маркетинговых стратегий, ориентированных на устойчивое повышение конкурентоспособности аграрных предприятий региона.

Литература

1. Кендалл, М. Дж. Ранговые корреляции / М. Дж. Кендалл ; пер. с англ. — Москва : Статистика, 1975. — 216 с.
2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. — Москва : Радио и связь, 1993. — 278 с.
3. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман ; пер. с англ. — Москва : Издательство иностранной литературы, 1960. — 400 с.
4. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. — 2-е изд., стер. — Москва : Наука, 1988. — 208 с.
5. Вентцель, Е. С. Элементы динамического программирования / Е. С. Вентцель. — Москва : Наука, 1964. — 176 с.
6. Kendall, M. G. Rank Correlation Methods / M. G. Kendall. — London : Charles Griffin & Company, 1948.
7. Kendall, M. G. Rank Correlation Methods / M. G. Kendall, J. D. Gibbons. — 5th ed. — London : Edward Arnold, 1990. — 260 p.
8. Малюта, К. С. Оценка степени влияния ключевых факторов на конкурентоспособность аграрных предприятий Запорожской области на основе априорного ранжирования / К. С. Малюта // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2025. – Т. 53, № 2. – С. 76-85
9. Монтгомери, Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д. К. Монтгомери. — Л. : Судостроение, 1980. — 384 с. — Текст : непосредственный.
10. Фатхутдинов Р.А. Стратегическая конкурентоспособность: учеб. для вузов. – М.: Экономика, 2015. – 504 с
11. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью организации // М:Изд-во Эксмо, 2015, 544с. Фатхутдинов Р. Стратегическая конкурентоспособность и экономика России // Общество и экономика. 2003. № 1. С. 32-33.
12. Котлер Ф. Основы маркетинга / Ф.Котлер. — М.: Прогресс, 1990. – с.49
13. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. Экс пресс-курс. 2-е изд. / Пер. с англ. под ред. С. Г. Божук. — СПб.: Питер, 2006. – 466 с.
14. Азарян, Е.М. Концептуальные подходы к управлению потенциалом предприятия на основе маркетинговой стратегии / Е.М. Азарян. — Текст : непосредственный // Торговля и рынок. – 2021. – № 4-1 (60). – С. 39-45.
15. Азарян, Е. М. Логико-статистическое моделирование интегрального показателя финансовой устойчивости / Е. М. Азарян, В. О. Бессарабов, О. В. Мелентьева. — Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2025. – Т. 24, № 4. – С. 79-100.
16. Келлер, К. Л. Стратегический бренд-менеджмент: создание, оценка и управление марочным капиталом / К. Л. Келлер. — 2-е изд. — Москва : Вильямс, 2005. — 697 с. — Текст : непосредственный.
17. Абрамов, В. Л. Конкурентоспособность как интегральный показатель интеграционных эффектов Евразийского экономического союза / В. Л. Абрамов. — Текст : непосредственный // Финансовая экономика. – 2020. – № 11. – С. 409-411
18. Давидчук, Н. Н. Комплексный маркетинговый подход к диагностике состояния и созданию алгоритмической модели оценки индикаторной системы социально-экономического развития страны / Н. Н. Давидчук, Е. В. Мейдер // Экономическое развитие России. – 2025. – Т. 32, № 4. – С. 261-265
19. Тараруев, В. В. Совершенствование алгоритма интегральной оценки конкурентоспособности товара / В. В. Тараруев. — Текст : непосредственный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 5. – С. 229-231

Modern marketing tools for assessing the influence of key factors on the formation of marketing strategies for agricultural enterprises in the region

Malyuta K.S.
Melitopol State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines modern tools for marketing assessment of the degree of influence of key factors on the formation of marketing strategies for agricultural enterprises in the region. Special attention is paid to the use of methods of prior ranking, which make it possible to determine the significance of factors and identify priority areas for strategic intervention. To justify the allocation of resources among the most significant factors, it is proposed to use dynamic programming, which ensures the selection of optimal strategic decisions under conditions of limited resources. The effectiveness of marketing strategies is assessed based on an integral indicator of competitiveness, which makes it possible to comprehensively take into account the set of characteristics of agricultural enterprises' activities. The most significant factors influencing the process of developing marketing strategies have been identified, and the possibilities of transforming them into tools of the 7P marketing mix have been revealed. The proposed approach provides an opportunity to identify key development factors, determine effective directions of their regulation and form scientifically substantiated marketing strategies focused on increasing the competitiveness of the region's agricultural enterprises.

Keywords: marketing strategy, agricultural enterprises, a priori ranking, dynamic programming, integral assessment, competitiveness, development factors, 7P marketing mix.

References

1. Kendall, M. J. Rank Correlations / M. J. Kendall; translated from English. — Moscow: Statistics, 1975. — 216 p.
2. Saaty, T. Decision Making. The Analytic Hierarchy Process / T. Saaty; translated from English. — Moscow: Radio i Svyaz, 1993. — 278 p.
3. Bellman, R. Dynamic Programming / R. Bellman; translated from English. — Moscow: Foreign Literature Publishing House, 1960. — 400 p.
4. Venttsel, E. S. Operations Research: Tasks, Principles, Methodology / E. S. Venttsel. — 2nd ed., ster. — Moscow: Nauka, 1988. — 208 p.
5. Venttsel, E. S. Elements of Dynamic Programming / E. S. Venttsel. — Moscow: Nauka, 1964. — 176 p.
6. Kendall, M. G. Rank Correlation Methods / M. G. Kendall. — London : Charles Griffin & Company, 1948.
7. Kendall, M. G. Rank Correlation Methods / M. G. Kendall, J. D. Gibbons. — 5th ed. — London : Edward Arnold, 1990. — 260 p.
8. Malyuta, K. S. Assessment of the impact of key factors on the competitiveness of agricultural enterprises in the Zaporizhzhia region based on a priori ranking / K. S. Malyuta // Vectors of Well-being: Economy and Society. – 2025. – Vol. 53, No. 2. – Pp. 76–85.
9. Montgomery, D. C. Experimental Design and Data Analysis / D. C. Montgomery. — Leningrad: Shipbuilding, 1980. — 384 p. — Text: direct.
10. Fatkhutdinov R.A. Strategic Competitiveness: a textbook for universities. – Moscow: Economics, 2015. – 504 p.
11. Fatkhutdinov R.A. Management of Organizational Competitiveness // Moscow: Eksmo Publishing House, 2015, 544 p. Fatkhutdinov R. Strategic Competitiveness and the Economy of Russia // Society and Economy. 2003. No. 1. Pp. 32-33.
12. Kotler F. Principles of Marketing / F.Kotler. — Moscow: Progress, 1990. — p. 49.
13. Kotler F. Marketing Management. Excerpt from the course. 2nd ed. / Translated from English edited by S. G. Bozhuk. — St. Petersburg: Piter, 2006. – 466 p.
14. Azaryan, E.M. Conceptual approaches to managing an enterprise's potential based on a marketing strategy / E.M. Azaryan. — Text: direct // Trade and Market. – 2021. – No. 4-1 (60). – Pp. 39-45.
15. Azaryan, E. M. Logical and statistical modeling of the integral indicator of financial stability / E. M. Azaryan, V. O. Bessarabov, O. V. Melentyeva. — Text: direct // Economic Analysis: Theory and Practice. – 2025. – Vol. 24, No. 4. – Pp. 79–100.
16. Keller, K. L. Strategic Brand Management: Building, Measuring, and Managing brand equity / K. L. Keller. — 2nd ed. — Moscow: Williams, 2005. — 697 p. — Text: direct.

Оценка экономического и операционного эффекта цифровой трансформации предприятий лёгкой промышленности

Марговенко Дмитрий Олегович
аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт «Центр», m-dee@bk.ru

В статье рассматривается методика оценки экономических и операционных результатов цифровой трансформации предприятий лёгкой промышленности. Расчёты выполнены на материалах АО «Корпорация “Глория Джинс”», АО «Обувная фирма “Юничел”» и АО «Мэлон Фэшн Груп» с использованием имитационной модели пилотного внедрения цифровых решений. Операционный эффект оценивается через сокращение цикла подготовки товарного направления, снижение неликвидных запасов, уменьшение контролируемых затрат, повышение маржинальности и развитие цифровых каналов продаж. Экономическая результативность определяется на основе годового эффекта, объёма инвестиций, рентабельности вложений и срока окупаемости. Расчёты показывают, что результат цифровизации зависит не от формального внедрения технологии, а от её связи с конкретным источником конкурентных потерь: ошибками прогнозирования, размерным дисбалансом, ручными операциями и задержками обработки товарных данных. На уровне пилотных проектов срок окупаемости составляет от 7,5 до 9 месяцев, а расчётный ROI превышает 130%.

Ключевые слова: цифровая трансформация, лёгкая промышленность, операционный эффект, экономическая эффективность, цифровые технологии, ROI, срок окупаемости, конкурентоспособность.

Основная часть

Оценка эффекта цифрового преобразования компаний легкой промышленности требует аккуратного разграничения двух групп результатов. Для исследуемой отрасли первая группа связана с операционными изменениями: сокращением сроков разработки и запуска товарных позиций, снижением ошибки прогноза, уменьшением неликвидных остатков, ускорением обработки товарных данных, сокращением ручных операций и повышением доступности ходовых позиций. На уровне хозяйственной практики вторая группа выражается в экономических последствиях этих изменений: снижении затрат пилотного контура, высвобождении оборотного капитала, росте маржинальности, увеличении доли онлайн-продаж и формировании положительного инвестиционного результата. [1–4]

В прикладном плане в расчетах используется не фактическое внедрение внутри компаний, а имитационная оценка цифрового проекта на основе открытых данных и заданных пилотных контуров. Такой подход выступает более корректным, чем прямое перенесение ожидаемого эффекта на всю компанию. На уровне хозяйственной практики открытая отчетность дает возможность определить масштаб деятельности, но не раскрывает фактическую структуру запасов по моделям, размерным рядам, товарным категориям, каналам продаж и отдельным операциям. Поэтому в расчетах выделяется ограниченный пилотный контур, равный 10% годовой выручки компании. Такой момент допущение дает возможность сохранить сопоставимость трех кейсов и не завышать эффект цифровизации. [5, 6]

В качестве базы используются три компании: АО «Корпорация “Глория Джинс”», АО «Обувная фирма “Юничел”» и АО «Мэлон Фэшн Груп». Для исследуемой отрасли для всех трех компаний применяется единый открытый финансовый показатель — выручка за 2024 г. По АО «Корпорация “Глория Джинс”» она составляет 57,6 млрд руб., по АО «Обувная фирма “Юничел”» — 3,245 млрд руб., по АО «Мэлон Фэшн Груп» — 81,9 млрд руб. Различаются не исходные правила расчета, а содержание цифрового проекта: для «Глория Джинс» моделируется прогнозная аналитика спроса, для «Юничел» — цифровое планирование размерных рядов, для «Мэлон Фэшн Груп» — расширение PIM-, OMS- и RPA-контура в управлении товарными данными и операционными процессами. [16–18]

Таблица 1
Исходные параметры расчета эффекта цифровой трансформации

Параметр	АО «Корпорация “Глория Джинс”»	АО «Обувная фирма “Юничел”»	АО «Мэлон Фэшн Груп»
Выручка за 2024 г., млн руб.	57 600,0	3 245,0	81 900,0
Доля пилотного контура в выручке, %	10,0	10,0	10,0
Объем пилотного контура, млн руб.	5 760,0	324,5	8 190,0
Вид цифрового проекта	прогнозная аналитика спроса	цифровое планирование размерных рядов	PIM, OMS, RPA и цифровое взаимодействие с поставщиками
Расчетный объем инвестиций, млн руб.	58,0	7,5	95,0
Период оценки эффекта	12 месяцев	12 месяцев	12 месяцев

Выбранная расчетная база показывает различный масштаб компаний, но сохраняет одинаковую методику оценки. Для исследуемой отрасли пилот по «Глория Джинс» охватывает сезонную товарную категорию, где цифровая модель используется для прогноза спроса, корректировки партии и управления остатками. Пилот по «Юничел» строится вокруг одной обувной коллекции, где основная задача состоит в снижении размерного дисбаланса в расчетной логике. Содержательно пилот по «Мэлон Фэшн Груп» связан с выбранным брендом или товарным направлением, где проверяется эффект от централизации товарных данных и автоматизации повторяющихся операций.

Операционный эффект цифровых проектов для данной темы.

Операционный эффект выражает изменение процессов до того, как оно превращается в финансовый результат для данной темы. Для компаний легкой промышленности это особенно важно. На уровне хозяйственной практики улучшение может сначала проявляться не в прибыли, а в более коротком цикле подготовки коллекции, меньшем числе ошибок в данных, снижении остатков после сезона, ускорении обработки заказов и повышении доступности ходовых позиций. Только после этого появляется экономический эффект в прикладном контуре. [3, 4]

В отношении АО «Корпорация “Глория Джинс”» основным операционным результатом прогнозной аналитики выступает снижение ошибки прогноза и уменьшение неликвидных запасов. В пилотной модели цикл подготовки сезонной категории сокращается с 60 до 32 дней для выбранной отрасли. На уровне хозяйственной практики такое снижение достигается за счет более быстрого

сбора данных о продажах, остатках, возвратах, размерах, цветах и каналах реализации. Ранее значительная часть решений принималась на основе прошлого сезона и экспертной корректировки в прикладном контуре. После внедрения прогнозной модели эти данные собираются в едином контуре, а ассортиментные решения проверяются расчетом по SKU. [9–12]

По «Юничел» основной операционный результат связан не с широтой ассортимента, а с точностью размерного планирования для данной темы. В исходной модели производственная партия формируется преимущественно по прошлым продажам и опыту планирования для выбранной отрасли. На уровне хозяйственной практики цифровая модель дает возможность увидеть, какие размеры стабильно заканчиваются раньше завершения сезона, а какие остаются на складе и требуют уценки. За счет этого цикл подготовки сезонной обувной коллекции сокращается с 60 до 38 дней в прикладном контуре. В такой логике сокращение меньше, чем в fashion-кейсе, поскольку обувное производство имеет более жесткую технологическую структуру, связанную с материалами, колодками, размерными рядами и производственными партиями. [9, 10, 12]

В прикладном плане по «Мэлон Фэшн Груп» наиболее заметный операционный эффект достигается в контуре товарных данных и запуска товарного направления в каналы продаж. Здесь расчетная модель показывает сокращение цикла с 60 до 25 дней для выбранной отрасли. На уровне хозяйственной практики такое значение объясняется тем, что PIM, OMS и RPA воздействуют не на одну операцию, а на весь путь товарной информации: от поставщика и продуктовой команды до карточки товара, склада, интернет-магазина, кассы и логистики. Если описание, изображения, характеристики, размерные параметры и эти данные маркировки собираются централизованно, снижается число повторных вводов и согласований. Вследствие этого товар быстрее становится доступен в каналах продаж для данной темы. [1, 2, 7, 8]

Таблица 2
Операционный эффект цифровой трансформации в пилотных контурах

Показатель	АО «Корпорация “Глория Джинс”»	АО «Обувная фирма “Юничел”»	АО «Мэлон Фэшн Груп»
Цикл подготовки и запуска товарного направления до проекта, дней	60	60	60
Цикл после цифрового проекта, дней	32	38	25
Сокращение цикла, %	46,7	36,7	58,3
Снижение запасов неликвидной продукции, %	20,0	18,0	15,0
Снижение операционной себестоимости пилотного контура, %	8,0	8,0	10,0
Рост маржинальности пилотного контура, п.п.	5,0	5,2	6,0
Рост доли онлайн-продаж / цифровых заказов, п.п.	5,0	4,0	2,3
Основной операционный источник эффекта	точнее прогноз и меньше остатков	точнее размерный ряд	меньше ручных операций и ошибок данных

Из таблицы видно, что наиболее сильное сокращение цикла наблюдается по «Мэлон Фэшн Груп» для данной темы. Для исследуемой отрасли это связано с тем, что цифровой проект затрагивает быстрые управленческие и информационные операции: подготовку товарных данных, передачу сведений между системами, обработку типовых логистических действий. Именно в производственных кейсах сокращение цикла меньше, поскольку физическое производство и закупка материалов имеют объективные ограничения. Содержательно тем не менее и для «Глория Джинс», и для «Юничел» эффект остается значимым: ускорение подготовки товарного направления дает возможность раньше принимать решения по партии и снижать риск позднего выхода в сезон.

В прикладном плане снижение запасов неликвидной продукции в диапазоне 15–20% отражает не полное устранение остатков, а уменьшение той части запасов, которая возникает из-за ошибок планирования. В легкой промышленности полностью исключить остатки невозможно для выбранной отрасли. Ассортимент меняется быстро, спрос зависит от сезона, моды, цены и каналов продаж в расчетной логике. Но цифровая аналитика дает возможность уменьшить наиболее дорогую часть проблемы: производство или закупку тех моделей, размеров и товарных вариантов, которые с высокой вероятностью не будут реализованы по полной цене. [10–14]

В прикладном плане снижение операционной себестоимости пилотного контура на 8–10% также не следует понимать как автоматическое снижение всей бухгалтерской себестоимости компании. Для исследуемой отрасли речь идет о контролируемых затратах внутри пилота: расходах, связанных с избыточными партиями, уценкой, ручными операциями, ошибками данных, пересортом, дополнительной обработкой и неэффективным распределением товара. Такая трактовка более реалистична в расчетной логике. Цифровое обновление не может мгновенно снизить цену материалов или аренду, но может сократить потери, которые возникают из-за плохой связки между спросом, складом, производством и каналами продаж. [3, 4, 7, 8]

В прикладном плане рост маржинальности на 5–6 п.п. формируется за счет совокупного эффекта: меньшей доли уценки, более точного попадания в спрос, увеличения доступности ходовых позиций, ускорения вывода товара в канал продаж и сокращения ручных ошибок. Для «Глория Джинс» ключевым фактором становится снижение избыточных остатков после сезона для выбранной отрасли. Для «Юничел» — более правильная размерная структура партии в расчетной логике. Содержательно для «Мэлон Фэшн Груп» — ускорение и удешевление операционного контура, что особенно важно при большом количестве SKU, брендов, поставщиков и каналов. [7, 8, 11, 12]

Расчет экономического эффекта

Экономический эффект рассчитывается через годовой результат пилотного проекта для данной темы. Для исследуемой отрасли в расчет включаются три источника эффекта: высвобождение средств из неликвидных запасов, снижение затрат пилотного контура и дополнительный маржинальный доход от повышения доступности товара или ускорения его вывода в канал продаж. Для «Мэлон Фэшн Груп» дополнительно учитывается снижение трудоемкости ручных операций и ошибок в товарных данных в расчетной логике. [3, 7, 8]

Важно отделить высвобождение оборотного капитала от прямого финансового результата для данной темы. Если компания снижает неликвидные запасы, это не означает, что вся сумма высвобожденного запаса сразу превращается в прибыль. На уровне хозяйственной практики часть эффекта проявляется как снижение уценки, часть — как уменьшение складской нагрузки, часть — как сокращение потребности в оборотном капитале. Содержательно поэтому в расчет годового экономического эффекта включается не весь объем сокращенных остатков, а та часть, которая влияет на финансовый результат в течение года. [12, 13]

В отношении АО «Корпорация “Глория Джинс”» пилотный контур принят на уровне 5 760 млн руб. Расчетный объем неликвидных запасов в пилотной категории до внедрения составляет 14% от пилотного контура, то есть около 806 млн руб. При снижении неликвидных запасов на 20% высвобождается около 161 млн руб. оборотного капитала. Для исследуемой отрасли в годовой экономический эффект включается не вся эта сумма, а расчетный результат от снижения уценки, складских затрат, ускорения оборачиваемости и повышения доступности ходовых позиций. Совокупный годовой эффект по пилоту оценивается в 89 млн руб в расчетной логике.

В отношении АО «Обувная фирма “Юничел”» пилотный контур составляет 324,5 млн руб. С учетом специфики обувного производства неликвидные остатки в расчетной модели принимаются на уровне 16% пилотного контура, или около 51,9 млн руб. Снижение размерного дисбаланса на 18% высвобождает около 9,3 млн руб. запасов. Для исследуемой отрасли годовой экономический эффект с учетом меньшей уценки, более высокой доступности ходовых размеров и сокращения ошибок в формировании партии составляет 10 млн руб. Абсолютное значение эффекта меньше, чем у двух других компаний, но относительно масштаба пилота оно достаточно существенно.

В отношении АО «Мэлон Фэшн Груп» пилотный контур принят на уровне 8 190 млн руб. Здесь часть эффекта связана с неликвидными запасами. Здесь основное значение имеет операционная экономия: снижение ручных действий, ускорение подготовки товарных данных, уменьшение ошибок в карточках, более быстрый ввод товара в канал продаж. Для исследуемой отрасли расчетный объем неликвидных запасов в пилотном контуре принят на уровне 11%, или около 901 млн руб. При снижении неликвидов на 15% высвобождается около 135 млн руб. запасов. С учетом операционной экономии и ускорения продаж годовой эффект оценивается в 152 млн руб в расчетной логике.

Таблица 3
Расчет экономического эффекта цифровой трансформации

Показатель	АО «Корпорация “Глория Джинс”»	АО «Обувная фирма “Юничел”»	АО «Мэлон Фэшн Груп»
Объем пилотного контура, млн руб.	5 760,0	324,5	8 190,0
Расчетная доля неликвидных запасов до проекта, %	14,0	16,0	11,0
Объем неликвидных запасов до проекта, млн руб.	806,4	51,9	900,9
Снижение неликвидных запасов, %	20,0	18,0	15,0
Высвобождение запасов, млн руб.	161,3	9,3	135,1
Годовой экономический эффект, млн руб.	89,0	10,0	152,0
Инвестиции в пилот, млн руб.	58,0	7,5	95,0
ROI, %	153,4	133,3	160,0
Срок окупаемости, лет	0,65	0,75	0,63
Срок окупаемости, месяцев	7,8	9,0	7,5

Расчет ROI выполнен как отношение годового экономического эффекта к инвестициям в пилотный проект для данной темы. Для исследуемой отрасли по АО «Корпорация “Глория Джинс”» годовой эффект 89 млн руб. при инвестициях 58 млн руб. дает ROI 153,4%. На уровне хозяйственной практики срок окупаемости определяется как отношение инвестиций к годовому эффекту: 58 млн руб. / 89 млн руб. = 0,65 года, или около 7,8 месяца.

В прикладном плане по АО «Обувная фирма “Юничел”» годовой эффект составляет 10 млн руб. при инвестициях 7,5 млн руб. ROI равен 133,3%, а срок окупаемости — 0,75 года, или около 9 месяцев. Более длительная окупаемость по сравнению с двумя другими кейсами объясняется меньшим масштабом компании и более узким пилотным контуром. На уровне хозяйственной практики одновременно проект остается экономически приемлемым, поскольку окупается в пределах одного года и затрагивает критичную для обувного производства проблему размерного планирования.

В прикладном плане по АО «Мэлон Фэшн Груп» годовой эффект составляет 152 млн руб. при инвестициях 95 млн руб. ROI достигает 160%, срок окупаемости — 0,63 года, или около 7,5 месяца. Высокий результат связан с масштабируемостью цифрового контура для выбранной отрасли. PIM, OMS и RPA после настройки могут применяться к большому числу SKU, брендов, поставщиков и операций в расчетной логике. Поэтому даже умеренное сокращение ручных действий и ошибок дает заметный результат в крупной многобрендовой системе в прикладном контуре, по сути.

Влияние на маржинальность и онлайн-продажи для данной темы.

Рост маржинальности в расчете связан не с повышением цены, а с улучшением структуры реализации для данной темы. Для компаний легкой промышленности это принципиально. Повышение цены может ухудшить конкурентную позицию, особенно в массовом сегменте в расчетной логике. Содержательно более устойчивый путь состоит в снижении скрытых потерь: уценки, избыточных остатков, ручных ошибок, неэффективного распределения товара, позднего вывода продукции в сезон и отсутствия ходовых позиций. [11–13]

В прикладном плане по «Глория Джинс» рост маржинальности пилотного контура на 5 п.п. достигается за счет более точного прогноза спроса и сокращения остатков после сезона. Для исследуемой отрасли если товар производится или закупается ближе к реальному спросу, снижается доля позиций, которые приходится продавать с глубокой скидкой. Одновременно повышается доступность востребованных моделей, размеров и цветов в расчетной логике. Содержательно это дает не только экономию на остатках, но и дополнительный доход от продаж по более полной цене.

По «Юничел» рост маржинальности на 5,2 п.п. связан с размерной структурой для данной темы. Для обувного производства важна не только модель, но и размер для выбранной отрасли. Если ходовые размеры заканчиваются раньше сезона, компания теряет выручку в расчетной логике, для отрасли. Если неходовые размеры остаются на складе, они требуют уценки в прикладном контуре. Цифровое планирование дает возможность уменьшить оба отклонения для данной темы. Поэтому даже при сравнительно небольшом объеме пилота эффект остается значимым для финансовой устойчивости для выбранной отрасли.

По «Мэлон Фэшн Груп» рост маржинальности на 6 п.п. обусловлен сочетанием нескольких факторов для данной темы. Централизованное управление товарными данными сокращает ошибки карточек и ускоряет вывод товара в каналы продаж для выбранной отрасли, на практике. RPA снижает операционную трудоемкость в расчетной логике. OMS повышает управляемость заказов в прикладном контуре. В такой логике при большом масштабе операций эти изменения не выглядят как локальная техническая доработка: они воздействуют на скорость товарного оборота и качество работы с каналами продаж.

Увеличение доли онлайн-продаж или цифровых заказов также рассматривается в пилотном контуре для данной темы. Для исследуемой отрасли для «Глория Джинс» расчетный прирост составляет 5 п.п., для «Юничел» — 4 п.п., для «Мэлон Фэшн Груп» — 2,3 п.п. Различие объясняется исходной природой проектов. Именно в первых двух случаях цифровая аналитика улучшает наличие товара и тем самым поддерживает онлайн-канал. Содержательно в третьем случае эффект связан скорее с ускорением обработки товарных данных и заказов, чем с резким изменением структуры продаж. [1, 2, 7, 8]

Таблица 4

Влияние цифровой трансформации на маржинальность и цифровые продажи

Показатель	АО «Корпорация “Глория Джинс”»	АО «Обувная фирма “Юничел”»	АО «Мэлон Фэшн Груп»
Рост маржинальности пилотного контура, п.п.	5,0	5,2	6,0
Снижение контролируемых затрат пилотного контура, %	8,0	8,0	10,0
Рост доли онлайн-продаж / цифровых заказов, п.п.	5,0	4,0	2,3
Основной источник роста маржинальности	меньше уценки и остатков	точнее размерный ряд	меньше ошибок и ручных операций
Основной источник роста цифровых продаж	доступность ходовых SKU	наличие нужных размеров	быстрее подготовка товарных данных

В таблице намеренно не используется разный набор финансовых коэффициентов для разных компаний для данной темы. Все показатели заданы по единой логике и применимы к каждому кейсу для выбранной отрасли, на практике. На уровне хозяйственной практики это дает возможность избежать методической ошибки, когда по одной компании анализируется выручка, по другой — себестоимость, по третьей — товарооборот или операционные показатели. Различается только содержание эффекта, что естественно для разных бизнес-моделей в прикладном контуре.

Сравнительная интерпретация результатов для данной темы.

Полученные расчеты показывают, что цифровая трансформация дает эффект не за счет одного универсального источника для данной темы. В случае «Глория Джинс» основной результат связан с более точным прогнозом спроса и сокращением неликвидных остатков для выбранной отрасли. Для массовой одежды это особенно важно, поскольку ошибка в ассортименте быстро приводит к уценке в расчетной логике. Содержательно снижение цикла подготовки товарного направления с 60 до 32 дней дает возможность быстрее реагировать на продажи, а сокращение неликвидных запасов на 20% высвобождает часть оборотного капитала и снижает давление на маржинальность. [3, 4, 7, 8]

В случае «Юничел» результат имеет более узкий, но практически значимый характер для данной темы. Цифровое планирование размерных рядов не меняет всю бизнес-модель компании, но воздействует на один из наиболее чувствительных элементов обувного производства. На уровне хозяйственной практики сокращение цикла с 60 до 38 дней и снижение неликвидных запасов на 18% показывают, что даже ограниченный пилот может быть полезен при высокой зависимости результата от сезонности и размерной структуры.

В случае «Мэлон Фэшн Груп» эффект формируется в основном за счет масштаба операций для данной темы. PIM, OMS и RPA дают возможность быстрее обрабатывать эти данные, снижать ошибки и ускорять вывод товара в каналы продаж. На уровне хозяйственной практики сокращение цикла с 60 до 25 дней отражает не физическое ускорение производства, а снижение времени на подготовку и согласование товарного направления в цифровом контуре. Содержательно для многобрендовой fashion-группы это имеет прямое значение, поскольку ассортимент обновляется часто, а товарная информация должна быть синхронизирована между поставщиками, складом, магазинами, интернет-каналами и кассовыми системами, по сути.

Сравнение ROI показывает, что все три проекта окупаются менее чем за год для данной темы. Наиболее высокий ROI рассчитан по «Мэлон Фэшн Груп» — 160% для выбранной отрасли. Это объясняется тем, что цифровой контур масштабируется на большое число операций в расчетной логике. Содержательно по «Глория Джинс» ROI составляет 153,4%, что связано с большим эффектом от сокращения запасов и уценки. По «Юничел» ROI ниже — 133,3%, но для компании меньшего масштаба такой результат также выступает достаточным для признания проекта экономически обоснованным. [3, 7, 8]

При интерпретации расчетов нужно учитывать, что речь идет о пилотных проектах для данной темы. Их нельзя автоматически переносить на весь бизнес для выбранной отрасли. Масштабирование требует проверки качества данных, готовности персонала, интеграции систем, устойчивости результата в разных товарных группах и способности компании менять управленческие решения на основе цифровой аналитики. Содержательно если цифровая модель дает прогноз, но этот прогноз не влияет на объем партии, распределение или сроки вывода товара, экономический эффект будет ниже расчетного, по сути. Если PIM сокращает ошибки в карточках, но эти данные продолжают дублироваться вручную в других системах, эффект также будет ограничен. [5, 6]

Итоговая оценка эффекта

Расчет показывает, что цифровая трансформация в пилотных контурах может обеспечить одновременно операционный и экономический результат для данной темы. Для исследуемой отрасли операционный результат выражается в сокращении цикла подготовки товарного направления, снижении неликвидных запасов, уменьшении контролируемых затрат, росте маржинальности и увеличении доли онлайн-продаж или цифровых заказов. Экономический результат проявляется в положительном ROI и сроке окупаемости менее одного года по всем трем кейсам в расчетной логике.

Таблица 5

Сводная оценка эффекта цифровой трансформации

Показатель	АО «Корпорация “Глория Джинс”»	АО «Обувная фирма “Юничел”»	АО «Мэлон Фэшн Груп»
Сокращение цикла, дней	60 → 32	60 → 38	60 → 25
Снижение неликвидных запасов, %	20,0	18,0	15,0
Снижение контролируемых затрат, %	8,0	8,0	10,0
Рост маржинальности, п.п.	5,0	5,2	6,0
Рост доли онлайн-продаж / цифровых заказов, п.п.	5,0	4,0	2,3
ROI, %	153,4	133,3	160,0

Срок окупаемости, месяцев	7,8	9,0	7,5

Сводная таблица подтверждает, что цифровое обновление дает наибольший результат там, где она связана с конкретным источником конкурентных потерь. Для «Глория Джинс» таким источником выступают ошибки прогноза и избыточные остатки. Для «Юничел» — размерный дисбаланс и уценка в расчетной логике. Для «Мэлон Фэшн Груп» — ручные операции, ошибки товарных данных и задержки в операционном контуре в прикладном контуре. В каждом случае цифровое решение не рассматривается как самоцель для данной темы. Оно оценивается по тому, как меняет хозяйственный результат для выбранной отрасли, на практике. [9–14]

По итогам расчетов из этого следует, что цифровая трансформация компаний легкой промышленности имеет экономический смысл при трех условиях. Необходимо ограничить пилотный контур, чтобы не завышать эффект для выбранной отрасли. Нужно использовать показатели, соответствующие конкретной проблеме компании. Содержательно есть и другой момент: цифровой результат должен быть встроен в управленческое решение: прогноз — в ассортимент и запасы, размерная аналитика — в структуру производственной партии, PIM и RPA — в регулярный операционный процесс. [5, 6, 15]

В итоге расчет экономического и операционного эффекта показывает. Здесь предложенные цифровые решения способны повысить конкурентная устойчивость компаний легкой промышленности за счет ускорения товарного цикла, снижения неликвидных запасов, уменьшения контролируемых затрат, роста маржинальности и повышения роли цифровых каналов продаж. Для исследуемой отрасли на уровне пилотных проектов срок окупаемости составляет от 7,5 до 9 месяцев, а ROI превышает 130% по всем трем предприятиям. Это подтверждает рациональность поэтапного внедрения цифровых решений и создает основу для разработки практических рекомендаций по масштабированию цифрового преобразования в отрасли. [1–8]

Заключение

Проведённая оценка показывает, что цифровая трансформация предприятий лёгкой промышленности может одновременно улучшать параметры хозяйственных процессов и обеспечивать измеримый финансовый результат. Наиболее значимый эффект возникает тогда, когда пилотный проект направлен на конкретный источник потерь и его результаты непосредственно используются при формировании ассортимента, планировании производственных партий, управлении запасами и обработке товарных данных. Представленные расчёты подтверждают экономическую приемлемость рассмотренных решений, однако их распространение на весь масштаб предприятия требует проверки качества исходных данных, готовности персонала и устойчивости полученного эффекта.

Литература

1. Vial G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda // The Journal of Strategic Information Systems. — 2019. — Vol. 28, № 2. — P. 118–144.
2. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Qi J., Fabian N., Haenlein M. Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda // Journal of Business Research. — 2021. — Vol. 122. — P. 889–901.
3. Dalenogare L. S., Benitez G. B., Ayala N. F., Frank A. G. The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance // International Journal of Production Economics. — 2018. — Vol. 204. — P. 383–394.
4. Frank A. G., Dalenogare L. S., Ayala N. F. Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies // International Journal of Production Economics. — 2019. — Vol. 210. — P. 15–26.
5. Sony M., Naik S. Key Ingredients for Evaluating Industry 4.0 Readiness for Organizations: A Literature Review // Benchmarking: An International Journal. — 2020. — Vol. 27, № 7. — P. 2213–2232.
6. Warner K. S. R., Wäger M. Building Dynamic Capabilities for Digital Transformation: An Ongoing Process of Strategic Renewal // Long Range Planning. — 2019. — Vol. 52, № 3. — P. 326–349.
7. Akter S., Wamba S. F., Gunasekaran A., Dubey R., Childe S. J. How to Improve Firm Performance Using Big Data Analytics Capability and Business Strategy Alignment? // International Journal of Production Economics. — 2016. — Vol. 182. — P. 113–131.
8. Wamba S. F., Gunasekaran A., Akter S., Ren S. J.-F., Dubey R., Childe S. J. Big Data Analytics and Firm Performance: Effects of Dynamic Capabilities // Journal of Business Research. — 2017. — Vol. 70. — P. 356–365.
9. Nenni M. E., Giustiniano L., Pirolo L. Demand Forecasting in the Fashion Industry: A Review // International Journal of Engineering Business Management. — 2013. — Vol. 5. — P. 1–6.
10. Fisher M. L., Raman A. Reducing the Cost of Demand Uncertainty Through Accurate Response to Early Sales // Operations Research. — 1996. — Vol. 44, № 1. — P. 87–99.
11. Cachon G. P., Swinney R. The Value of Fast Fashion: Quick Response, Enhanced Design, and Strategic Consumer Behavior // Management Science. — 2011. — Vol. 57, № 4. — P. 778–795.
12. Caro F., Gallien J. Inventory Management of a Fast-Fashion Retail Network // Operations Research. — 2010. — Vol. 58, № 2. — P. 257–273.
13. Christopher M., Lowson R., Peck H. Creating Agile Supply Chains in the Fashion Industry // International Journal of Retail & Distribution Management. — 2004. — Vol. 32, № 8. — P. 367–376.
14. Bruce M., Daly L., Towers N. Lean or Agile: A Solution for Supply Chain Management in the Textiles and Clothing Industry? // International Journal of Operations & Production Management. — 2004. — Vol. 24, № 2. — P. 151–170.
15. Цифровая экономика: 2025 : краткий статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, О. В. Демидкина, А. В. Демьянова [и др.]. — Москва : НИУ ВШЭ, 2025. — 120 с.
16. АО «Корпорация “Глория Джинс”»: сведения о видах деятельности и финансовых показателях. URL: https://companies.rbc.ru/id/1026104032283-ao-aktsionernoe-obschestvo-korporatsiya-gloriya-dzhins/ (дата обращения: 01.06.2026).
17. АО «Мэлон Фэшн Груп»: сведения о видах деятельности и финансовых показателях. URL: https://companies.rbc.ru/id/1057813298553-ao-melon-feshn-grup/ (дата обращения: 01.06.2026).
18. АО «Обувная фирма “Юничел”»: сведения о видах деятельности и финансовых показателях. URL: https://companies.rbc.ru/id/1027402548271-ao-obuvnaya-firma-yunichel/ (дата обращения: 01.06.2026).

Assessment of the economic and operational effect of digital transformation in light industry enterprises

Margovenko D.O.
All-Russian Research Institute "Center"

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article presents an approach to assessing the economic and operational effects of digital transformation in light industry enterprises. The calculations are based on data from Gloria Jeans Corporation JSC, Unichel Footwear Company JSC and Melon Fashion Group JSC and use a simulation model of pilot digital projects. Operational effects are measured through reductions in product-cycle duration, obsolete inventory, controllable costs and manual operations, as well as improvements in margins and digital sales. Economic efficiency is assessed using annual effect, investment volume, return on investment and payback period. The results show that digitalization generates value when a technology is linked to a specific source of competitive losses, including forecasting errors, size imbalances, manual processing and delays in product-data flows. For the modelled pilot projects, the payback period ranges from 7.5 to 9 months, while the estimated ROI exceeds 130%. The findings may be used to justify phased digital transformation programmes in light industry.

Keywords: digital transformation, light industry, operational effect, economic efficiency, digital technologies, ROI, payback period, competitiveness.

References

1. Vial G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, vol. 28, no. 2, pp. 118–144.
2. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Qi J., Fabian N., Haenlein M. Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda. Journal of Business Research, 2021, vol. 122, pp. 889–901.
3. Dalenogare L. S., Benitez G. B., Ayala N. F., Frank A. G. The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance. International Journal of Production Economics, 2018, vol. 204, pp. 383–394.
4. Frank A. G., Dalenogare L. S., Ayala N. F. Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies. International Journal of Production Economics, 2019, vol. 210, pp. 15–26.
5. Sony M., Naik S. Key Ingredients for Evaluating Industry 4.0 Readiness for Organizations: A Literature Review. Benchmarking: An International Journal, 2020, vol. 27, no. 7, pp. 2213–2232.

Развитие системы допуска к перевозке пассажиров и грузов в автомобильном транспорте

Матанцева Ольга Юрьевна
доктор экономических наук, профессор кафедры Экономики автомобильного транспорта, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); заместитель генерального директора по научной работе, ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта, omat@niiat.ru,

Казанцев Иван Сергеевич
кандидат экономических наук, доцент, Академия АСМАП; Генеральный директор, ООО «АСМАП-Сервис», ikazantsev@asmap-service.ru

Формирование национальной системы допуска в нашей стране на протяжении всего периода постсоветской истории проходило с непосредственным участием всех без исключения факторов становления экономики на основе рыночных отношений. В статье отражены основные этапы исторического развития системы допуска как неотъемлемой части национальной транспортной политики. В материале отражены основные этапы становления системы допуска к перевозкам в автомобильном транспорте, как в пассажирском, так и в грузовом его сегменте. Кроме того, произведен обзор научной литературы, а также российского законодательства, касающегося системы допуска к перевозкам, действующего на протяжении новейшей истории страны. Работа содержит выводы и материалы ведущих научных организаций и центров в изучении данного вопроса.
Ключевые слова: экономика транспорта, допуск к перевозкам, пассажирские перевозки, автомобильный транспорт, государственная транспортная политика.

Введение

Данная статья посвящена системе допуска в России при организации перевозок автомобильным транспортом пассажиров и грузов. На протяжении всей современной истории России данный вопрос являлся темой для серьёзной дискуссии, часть учёных считало, что все системы допуска, лицензирования и разрешений является избыточными и представляют собой препятствие для динамичного развития подотрасли и экономики в целом. Такая постановка вопроса во многом является западным нарративом и отражает чаянья либеральных экономистов. Такая позиция зачастую не просто не верная, а даже вредная для устойчивого и динамичного развития экономики страны. Стратегическое и, в идеале, эффективное государственное регулирование в автомобильном транспорте, направленное на создание и развитие среды для жизнедеятельности населения страны, также необходимо в формировании устойчивой модели экономики. Современное состояние автомобильного транспорта как подотрасли в связи с событиями последних лет, будь то КОВИД 19, СВО, санкции недружественных стран, заставляет быть максимально гибкими в вопросе государственного регулирования, чтобы не создать дополнительных препятствий в её функционировании и развитии в будущем [1,3]. Транспортная стратегия РФ является достаточно амбициозным документом, который служит стратегическим вектором в формировании социально-экономических направлений развития нашей страны на последующие годы. Нужно отметить, что одним из основных инструментариев для решение поставленных в стратегии задач является нормативно-правовое регулирование подотрасли. К ним можно отнести регулирующие нормативно-правовые акты прямого воздействия – весогабаритный контроль, режим труда и отдыха, класс экологической безопасности и др. [2].

Учитывая, что грамотная и сбалансированная государственная политика в сфере транспорта является основой динамичного развития национальной экономики страны, развитие и совершенствование системы допуска в автомобильном транспорте становится приоритетом в будущем.

Основная часть

Сложившаяся не за один год система международного опыта по формированию системы допуска предусматривает в том числе, что осуществляющий свою предпринимательскую деятельность автомобильный перевозчик должен в первую очередь соответствовать трём основным критериям: ***профессиональная компетенция, хорошая репутация и финансовая устойчивость*** [4].

Первая попытка решить вопрос по допуску к перевозкам пассажиров и грузов автомобильным транспортом была предпринята правительством Российской Федерации в 1992 году, его Постановлением [5]. В этом нормативном акте лицензировалась деятельность, связанная с процессом перевозок и эксплуатацией транспортных средств. Важной особенностью данного документа являлось наличие требований по лицензированию даже при перевозках для собственных нужд. Хотя это и обеспечивало надлежащий уровень безопасности перевозок, во многом тормозило создание полноценного рынка автотранспортных услуг на территории РФ. Позже приказом Министерства транспорта Российской Федерации был предоставлен полный перечень требований к владельцам лицензии н [6], где особое внимание было уделено обеспечению безопасности дорожного движения.

Дальнейшее развитие рыночных отношений в России требовало либерализации экономических отношений среди его субъектов, что в последующем привело к сокращению перечня лицензируемых видов деятельности в автомобильном транспорте. Это было обусловлено необходимостью упрощения доступа к рынку перевозчиков как к виду деятельности с минимальными требованиями к их осуществлению в целях для обеспечения трудовой занятости населения.

Следующее Постановление Правительства Российской Федерации 1997 года [7] устанавливало необходимость лицензирования перевозок грузов во всех видах сообщений. Однако в этом документе сократился перечень транспортных средств, применяемых при перевозке грузов, для работы на которых требовалась лицензия – это были легковые автомобили, используемые для перевозки грузов и грузовые автомобили грузоподъемностью до 500 кг. Предполагалось что данная мера позволит стимулировать формирование класса мелкого автотранспортного бизнеса.

Закономерно, что следующим нормативным актом, связанным с допуском к перевозкам пассажиров и грузов, был Федеральный закон от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ [8]. В этом законодательном акте вновь было сокращено количество лицензируемых видов деятельности, поскольку было отменено лицензирование грузовых и пассажирских перевозок для собственных нужд. Данная мера способствовала облегчению работы организаций, обладающих и использующих в своей деятельности автомобильный транспорт и, что важно, позволило разгрузить органы государственной власти, отвечающие за вопросы лицензирования. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации [9], выпущенный исходя из этого закона, устанавливал государственный орган, уполномоченный выдавать лицензии на перевозки пассажиров и грузов.

Постановление Правительства РФ от 10 июня 2002 г. N 402 определяло порядок лицензирования перевозок автомобильным транспортом, включая перевозки автобусами, легковым автомобильным транспортом и грузовыми транспортными средствами [10].

Дальнейшее сокращение видов деятельности, подлежащих лицензированию, осуществляемых автомобильным транспортом, было отражено в Федеральном законе от 02.06.2005 г. № 80-ФЗ [11], где было отменено лицензирование перевозок пассажиров легковым автомобильным транспортом и перевозок грузов. Выпущенное Постановление правительства Российской Федерации от 30.10.2006 г. №637 определяло порядок лицензирования исключительно перевозок пассажиров [12].

Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. N 294-ФЗ установил уведомительную систему допуска перевозчиков на рынок грузовых перевозок и перевозки пассажиров по заказам [13]. На основании этого федерального закона [13] было выпущено постановление Правительства [14], которое определяет технологию подачи уведомления в контролирующий орган исполнительной власти.

Исследования, проведенные в ОАО «НИИАТ» показали, что отсутствие лицензионных требований при допуске к перевозкам пассажиров по заказам позволяет использовать заказные автобусы на маршрутах регулярных перевозок и существенно снижать безопасность дорожного движения, подвергая опасности жизнь и здоровье пассажиров. Использование автобусов, предназначенных для выполнения заказных перевозок на регулярных перевозках, не обеспечивало безопасность дорожного движения при отсутствии лицензии, где установлено требование о предрейсовом медицинском осмотре водителей и техническом осмотре перед выходом на линию, которые могли не проводиться. Это происходило потому, что после подачи уведомления перевозчик далеко не всегда выполнял требования по обеспечению безопасности дорожного движения, что могло приводить к дорожно-транспортным происшествиям.

Сложившаяся ситуация требовала принятия кардинальных решений, поэтому Федеральным законом от 30 октября 2018 года № 386-ФЗ [15] было установлено требование к лицензированию любых видов перевозок пассажиров, включая перевозки по заказам, а также перевозки для собственных нужд.

Вступление в силу данного нормативного акта было отложено до 01.03.2019 г. для того, чтобы перевозчики смогли подготовиться к лицензированию. Особые сложности могли возникнуть при лицензировании перевозок для собственных нужд, поскольку с 2001 года данное требование отсутствовало.

Лицензионные требования к перевозчикам пассажиров были установлены Постановлением Правительства РФ от 7 октября 2020 г. N 1616 [16], они включали квалификационные требования к водителям и сотрудникам, отвечающим за обеспечение безопасности дорожного движения.

Таким образом, в настоящее время обеспечены все условия для безопасной перевозки пассажиров автобусами. Однако перевозки грузов осуществляются без лицензий.

Тем не менее, в соответствии с действующим законодательством − Федеральным законом от 29 декабря 2025 г. № 520-ФЗ [17] с 01.03.2027 года – будет действовать допуск к предоставлению услуг по перевозке грузов автотранспортными средствам по территории Российской Федерации. Положения этого нормативного акта не будут распространяться на перевозки грузов транспортными средствами, имеющими максимальную массу не более трех тонн пятисот килограммов.

Этот вид перевозок будет осуществляться на основе уведомления в соответствии с Федеральным законом от 26 декабря 2008 г. N 294-ФЗ [11].

Допуск на перевозки остальных грузов, за исключением тяжеловесных, крупногабаритных и опасных грузов, для которых устанавливаются нормативными актами специальные требования, будет осуществляться после регистрации в специальном реестре, без регистрации перевозка будет запрещена.

Информация, содержащаяся в реестре, полностью идентифицирует перевозчика грузов. Кроме того, в реестре содержится полная информация о перевозимых грузах, включая сведения о страховке. Данная мера во многом должна, как упростить контроль, так и сделать перевозку максимально прозрачной. В будущем было бы логичнее «закольцевать» (объединить) как перевозчиков, так и потенциальных заказчиков в одном цифровом поле, что позволило бы не только сделать рынок автотранспортных услуг более открытым, но и сохранить его, как рынок чистой (совершенной) конкуренции.

В нормативном акте устанавливаются требования к водителю, осуществляющему перевозку грузов, связанные с владением транспортным средством или работой у владельца транспортного средства. Это нововведение во многом обусловлено не только обеспечением безопасности дорожного движения, но и позволит во многом повысить качественные показатели в автомобильном транспорте.

Требования, установленные этим нормативным актом, являются существенным изменением на рынке автотранспортных услуг, поскольку обеспечат регистрацию перевозчиков, позволят осуществлять контроль за грузопотоками и получать объективную статистическую информацию. На сегодняшний день, данные предоставляемые органами статистики во многом очень общие и не всегда однозначные, применение требований данного нормативного акта позволит не только реальную ситуацию на рынке, но и позволит проводить более детальный анализ текущей ситуации.

Заключение

Современное состояние национального автомобильного транспорта далеко от идеального, во многом причина кроется и в сложном его становлении, грузе исторического развития, а также в объективных негативных событиях последних лет [18]. Для его динамичного развития требуется не только создание необходимых условий, но и сохранение контроля государства над перевозкой пассажиров и грузов. Но нужно отметить, что воздействие государственных органов власти должно быть направлено не только на управление подотраслью, но и на создание необходимых условий для ее роста и развития.

Литература

1. Казанцев И.С. Разворот с Запада на Восток и Юг. Проблемы и тенденции национального транспортного комплекса, грузовой автомобильный транспорт сегодня. // Первый Экономический Журнал. – 2024. − № 11 (353). − С. 59-69.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. № 1032-р).
3. Матанцева О.Ю., Казанцев И.С. Современное состояние грузового российского автомобильного транспорта // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Экономика и право». − 2024. − № 11; − С. 39-44
4. Матанцева, О.Ю. Основы экономики автомобильного транспорта: учебное пособие [Текст] / О.Ю. Матанцева. — М.: Юстицинформ, 2020. — 256 с.
5. Положение о лицензировании перевозочной, транспортно-экспедиционной и другой деятельности, связанной с осуществлением транспортного процесса, ремонтом и техническим обслуживанием транспортных средств на автомобильном транспорте в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 26 февраля 1992 г. N 118).
6. Приказ Министерства транспорта РФ от 30 марта 1994 г. N 15 "Об утверждении Требований по обеспечению безопасности дорожного движения, предъявляемых при лицензировании перевозочной деятельности на автомобильном транспорте"
7. Положение о лицензировании перевозок автомобильным транспортом пассажиров и грузов в международном сообщении, а также грузов в пределах Российской Федерации, утв. Постановлением Правительства РФ от 16 марта 1997 г. N 322
8. Федеральный закон от 8 августа 2001 г. N 128-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности"
9. Приказ Министерства транспорта РФ от 7 мая 2002 г. N 61 "О лицензировании отдельных видов деятельности в транспортном комплексе Российской Федерации"
10. Постановление Правительства РФ от 10 июня 2002 г. N 402 "О лицензировании перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом"
11. Федеральный закон от 2 июля 2005 г. N 80-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О лицензировании отдельных видов деятельности", Федеральный закон "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)"
12. Постановление Правительства РФ от 30 октября 2006 г. N 637 "Об утверждении Положения о лицензировании перевозок пассажиров автомобильным транспортом, оборудованным для перевозок более 8 человек (за исключением случая, если указанная деятельность осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)"
13. Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. N 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля"
14. Правила представления уведомлений о начале осуществления отдельных видов предпринимательской деятельности и учета указанных уведомлений, утвержденные постановлением Правительства РФ от 16 июля 2009 г. № 584
15. Федеральный закон от 30 октября 2018 года № 386-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования лицензирования деятельности по перевозкам пассажиров и иных лиц автобусами»
16. Постановление Правительства РФ от 7 октября 2020 г. N 1616 «О лицензировании деятельности по перевозкам пассажиров и иных лиц автобусами»
17. Федеральный закон от 29 декабря 2025 г. № 520-ФЗ «О допуске к осуществлению перевозок грузов автомобильным транспортом по территории российской федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации»
18. Казанцев И.С. Грузовой автомобильный транспорт – проблемы и пути дальнейшего развития // Финансовые рынки и банки. − 2026. −№ 2. − С. 223-225.

International Transport Corridors – Current Status and Development Prospects

Matantseva O.Yu., Kazantsev I.S.

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), JSC Research Institute of Motor Transport, ASMAP Academy, ASMAP-Service LLC

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Throughout the post-Soviet era, the development of the national market access system in our country has been shaped by all the factors driving the transition to a market-based economy. This article outlines the key stages in the historical evolution of the access system as an integral component of national transport policy. It details the development of the regulatory framework governing market access for both passenger and freight road transport. Additionally, the study reviews relevant academic literature and Russian legislation concerning the access system enacted throughout the country's recent history.

The work incorporates findings and data from leading research organizations and centers specializing in this field.

Keywords: transport economics, access to transport operations, passenger transportation, road transport, state transport policy.

References

1. Kazantsev I.S. The Pivot from West to East and South: Challenges and Trends in the National Transport Sector and the Current State of Road Freight Transport. // Pervyy Ekonomicheskiy Zhurnal [First Economic Journal]. – 2024. – No. 11 (353). – P. 59–69.
2. Transport Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030 (approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 1032-r dated June 11, 2014).
3. Matantseva O.Yu., Kazantsev I.S. Current State of Russian Road Freight Transport // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki [Modern Science: Current Issues of Theory and Practice]: Series "Economics and Law". – 2024. – No. 11; – P. 39–44.
4. Matantseva O.Yu. Fundamentals of Road Transport Economics: A Study Guide [Text] / O.Yu. Matantseva. — Moscow: Yustitsinform, 2020. — 256 p.
5. Regulation on the Licensing of Transportation, Freight Forwarding, and Other Activities Related to the Transport Process, as well as the Repair and Maintenance of Road Transport Vehicles in the Russian Federation (approved by Resolution of the Government of the Russian Federation No. 118 dated February 26, 1992).
6. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 15 dated March 30, 1994, "On Approving Road Safety Requirements Applicable to the Licensing of Road Transport Activities."
7. Regulation on the Licensing of Road Transport of Passengers and Cargo in International Traffic, as well as Cargo within the Russian Federation, approved by... Decree of the Government of the Russian Federation No. 322 dated March 16, 1997
8. Federal Law No. 128-FZ dated August 8, 2001, "On Licensing Certain Types of Activities"
9. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 61 dated May 7, 2002, "On Licensing Certain Types of Activities in the Transport Sector of the Russian Federation"
10. Decree of the Government of the Russian Federation No. 402 dated June 10, 2002, "On Licensing the Carriage of Passengers and Cargo by Road Transport"
11. Federal Law No. 80-FZ dated July 2, 2005, "On Amending the Federal Law 'On Licensing Certain Types of Activities' and the Federal Law 'On Protection of the Rights of Legal Entities and Individual Entrepreneurs During State Control (Supervision)'"
12. Decree of the Government of the Russian Federation No. 637 dated October 30, 2006, "On Approving the Regulation on Licensing the Carriage of Passengers by Road Transport Equipped to Carry More Than 8 Persons (Except Where Such Activity Is Carried Out to Meet the Internal Needs of a Legal Entity or Individual Entrepreneur)"
13. Federal Law No. 294-FZ dated December 26, 2008, "On Protection of the Rights of Legal Entities and Individual Entrepreneurs During the Exercise of State Control (Supervision) and Municipal Control"
14. Rules for Submitting Notifications on the Commencement of Certain Types of Entrepreneurial Activity and for Recording Such Notifications, approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 584 dated July 16, 2009
15. Federal Law No. 386-FZ dated October 30, 2018, "On Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation Regarding the Improvement of Licensing for the Activity of Transporting Passengers and Other Persons by Bus"
16. Decree of the Government of the Russian Federation dated October 7, 2020 ... No. 1616 “On Licensing the Activity of Transporting Passengers and Other Persons by Bus”
17. Federal Law No. 520-FZ of December 29, 2025, “On Authorization for Road Freight Transport Operations within the Territory of the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”
18. Kazantsev I.S. Road Freight Transport: Challenges and Avenues for Future Development // Financial Markets and Banks. – 2026. – No. 2. – P. 223–225.c

Сценарная оценка результативности организационно-экономического механизма обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий Луганской Народной Республики

Мельник Наталия Анатольевна
заместитель директора Института управления и государственной службы по учебной работе, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, pbm-89@yandex.ru

В статье обоснована сценарная оценка результативности организационно-экономического механизма обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий. Апробация методики выполнена на данных четырёх отраслево-контрастных предприятий металлургической, машиностроительной, пищевой и угольной промышленности Луганской Народной Республики за 2023–2025 гг. Частные показатели нормированы по шкале 1,00–3,00 и объединены в организационный и экономический блоки при равных весах; рассмотрены консервативный, базовый и оптимистический сценарии. Показано, что при принятых предпосылках расчётный прирост аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$ составляет 0,05–0,12 балла и сопровождается улучшением сбалансированности контурного профиля, а максимальный прирост получен для предприятия с наиболее несбалансированным исходным профилем. Научная новизна состоит в совместной оценке изменения уровня устойчивого развития по $I_{адд}$ и сбалансированности контурного профиля. Результаты носят сценарный характер и формируют методическую основу для адресных управленческих решений.

Ключевые слова: устойчивое развитие, промышленное предприятие, организационно-экономический механизм, сценарная оценка, аддитивный интегральный показатель $I_{адд}$, аналитический контур, коэффициент вариации, сбалансированность контурного профиля, региональная экономика.

Введение

В условиях восстановительного развития промышленности региона особую значимость приобретает не только диагностика базового состояния устойчивого развития промышленных предприятий, но и сценарная оценка результатов управленческого воздействия. Организационно-экономический механизм обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий (далее – ОЭМ) в этом контексте рассматривается как инструмент, позволяющий переводить результаты диагностики в адресные управленческие решения, контролировать их результативность и корректировать последующие действия по данным мониторинга.

Теоретико-прикладные основы формирования ОЭМ раскрыты автором в работе [2, с. 1448], а диагностическая и отраслевая основа оценки устойчивого развития промышленных предприятий – в работе [3]; задача сценарного измерения результативности механизма в них не ставилась.

Оценка результативности механизма предполагает, помимо фиксации расчётного прироста аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$, анализ сбалансированности контурного профиля предприятия, что согласуется с логикой сбалансированной системы показателей, дополняющей финансовые оценки нефинансовыми параметрами деятельности организации [14].

Цель исследования – обоснование сценарной оценки результативности ОЭМ на материалах промышленных предприятий Луганской Народной Республики.

Степень разработанности проблемы

Вопросы устойчивого развития промышленных предприятий исследуются с позиций стратегического управления, экологического менеджмента и региональной промышленной политики; многомерная трактовка устойчивости и её связь с промышленной трансформацией раскрываются в работах C. Bai, P. Dallasega, G. Orzes, J. Sarkis, M. Garetti, M. Taisch и J. Kirchherr [5; 8; 16]. Требования к системам показателей устойчивого производства, методология построения композитных оценок и ограничения их компенсационного эффекта обоснованы в работах G. Contini, M. Peruzzini, M. Kumar, M. Mani, R. K. Singh, H. R. Murty, S. K. Gupta и A. K. Dikshit [6; 17; 18], поэтому аддитивный интегральный показатель $I_{адд}$ дополняется в настоящем исследовании характеристиками сбалансированности контурного профиля.

Концептуальные основы резильентности, заложенные C. S. Holling, развиваются применительно к организациям и промышленно-экологическим системам в работах S. Duchek, J. Hillmann, E. Guenther, X. Wan и др. [7; 11; 12; 20], однако операциональные измерители, связывающие резильентность с регулярной диагностикой и управленческим циклом предприятия, в них не предлагаются.

Организационно-экономический механизм как систему целей, принципов, функций, инструментов, ресурсов и обратных связей рассматривают И. И. Коваленко, А. С. Соколицын, Н. А. Мельник и А. А. Милюков [1–4]; риск-ориентированную логику выбора решений дополняют положения стандарта ISO 31000:2018 [13]. Цифровая трансформация сокращает задержку между изменением состояния объекта и управленческой реакцией, но сама по себе не гарантирует устойчивого результата [10; 15; 19]; циркулярная экономика связывает устойчивость с сокращением материалоёмкости и возвратом материалов в производственный оборот [9; 16], однако измерение вклада таких практик в интегральную оценку остаётся открытым вопросом.

Обобщение рассмотренных направлений показывает, что инструмент, связывающий структуру механизма с измеримыми результатами его применения, в литературе отсутствует; настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела. Научная новизна работы состоит в обосновании сценарной процедуры оценки результативности ОЭМ, в рамках которой сценарная динамика частных индексов $I_о$, $I_э$ и аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$ рассматривается совместно с показателями сбалансированности контурного профиля.

Материалы и методы

Расчёты выполнены на материалах четырёх отраслево-контрастных предприятий: ООО «ЮГМК», ООО «Луганский ЛМЗ», АО «Луганск-Нива», ООО «ТЭК „Родина“» / шахта «Белореченская». Наблюдение охватывает 2023–2025 гг.; сопоставимые сведения по угольному предприятию доступны за 2024–2025 гг. Отраслевой контраст выборки по капиталоёмкости, кадровой структуре и инфраструктурной зависимости позволяет проверить применимость методики.

Данные взяты из внутренней управленческой, финансовой и производственной документации предприятий; оценки руководителей и специалистов профильных служб привлекались для верификации сведений, при расхождениях предпочтение отдавалось документально подтверждённым значениям. Абсолютные показатели конфиденциальны и приведены в нормированной форме.

Все частные показатели приведены к единой шкале 1,00–3,00 сопоставлением фактических значений с нормативными и среднеотраслевыми ориентирами; частные индексы блоков и аддитивный интегральный показатель $I_{адд}$

получены арифметическим усреднением при равных весах. Интерпретация ведётся по пяти равным интервалам: 1,00–1,40 – низкий уровень, 1,41–1,80 – ниже среднего, 1,81–2,20 – средний, 2,21–2,60 – выше среднего, 2,61–3,00 – высокий. Организационный блок характеризует управляемость, согласованность функций, адаптивность и кадровую устойчивость, экономический – эффективность, затраты, финансовое состояние и инвестиционную активность; причины дисбаланса выявляются с помощью сквозных аналитических контуров.

Для воспроизводимости расчётов ведётся паспорт показателей: показатели организационного блока O_1–O_8 и экономического блока E_1–E_8 сгруппированы в восемь аналитических контуров согласно диагностической модели автора [3, с. 239–241] – нормативно-регламентный (O_1–O_3), институционально-кадровый (O_6–O_7), инновационно-адаптационный (O_4, O_5, O_8), затратно-себестоимостный (E_1–E_3), производственно-эффективностный (E_4), финансовый (E_5–E_6), инвестиционно-воспроизводственный (E_7) и результативный (E_8). Аналитические контуры служат для локализации проблемных зон и не входят непосредственно в расчёт частных индексов и $I_{адд}$.

У показателей-стимулов (O_1–O_8, E_4–E_8) балл 1,00 выставляется при критически низком значении, 2,00 – при достижении ориентира или попадании в допустимый диапазон, 3,00 – при устойчивом его превышении; у дестимулов E_1–E_3 логика обратная. Промежуточные баллы находятся линейной интерполяцией; при отсутствии подтверждённого значения показатель выводится из расчёта с пропорциональным пересчётом весов.

Частный индекс организационного блока рассчитывается по формуле:

$$\boldsymbol{I}_{\text{о}} = \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{8}} (\boldsymbol{w_{Oi}} \cdot \boldsymbol{O_i}), \qquad (1)$$

где O_i – балльная оценка i-го показателя организационного блока, w_{Oi} – его весовой коэффициент (при равновесном подходе $w_{Oi} = 0{,}125$).

Частный индекс экономического блока рассчитывается по формуле:

$$\boldsymbol{I}_{\text{э}} = \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{8}} (\boldsymbol{w_{Ei}} \cdot \boldsymbol{E_i}), \qquad (2)$$

где E_i – балльная оценка i-го показателя экономического блока; w_{Ei} – его весовой коэффициент, определяемый аналогично формуле (1).

Аддитивный интегральный показатель $I_{адд}$ устойчивого развития определяется по формуле:

$$\boldsymbol{I}_{\text{адд}} = \boldsymbol{\alpha I}_{\text{о}} + \boldsymbol{\beta I}_{\text{э}}, \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{\alpha}$ и $\boldsymbol{\beta}$- весовые коэффициенты организационного и экономического блоков; при равновесном подходе $\boldsymbol{\alpha + \beta = 1}$.

Сценарное значение индекса или оценки аналитического контура определяется по формуле:

$$\boldsymbol{X}_{\text{сц}} = \boldsymbol{X + q(2,60 - X)}, \qquad (4)$$

где X – базовое значение индекса или оценки аналитического контура; $X_{сц}$ – сценарное значение; q – условная доля сокращения разрыва до ориентира 2,60; в консервативном, базовом и оптимистическом сценариях q принимает значения 1/6, 1/3 и 1/2 соответственно.

Формула (4) применяется на двух уровнях: при расчёте сценарного значения $I_{адд}$ доля q применяется к частным индексам $I_о$ и $I_э$, а при оценке сбалансированности – только к оценкам приоритетных аналитических контуров предприятия (таблица 2); оценки остальных контуров сохраняются на базовом уровне, что отражает адресный характер управленческого воздействия.

Средняя оценка аналитических контуров рассчитывается по формуле:

$$\bar{\boldsymbol{K}} = \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{m}} \sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{m}} \boldsymbol{K_j}, \qquad (5)$$

где $\bar{K}$ – средняя оценка аналитических контуров, K_j – оценка j-го аналитического контура, m – число аналитических контуров; стандартное отклонение полного набора контуров определяется по формуле (6).

$$\boldsymbol{\sigma} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{m}} \sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{m}} \left(\boldsymbol{K_j} - \bar{\boldsymbol{K}}\right)^{\boldsymbol{2}}}, \qquad (6)$$

где σ – стандартное отклонение оценок аналитических контуров; остальные обозначения соответствуют формуле (5).

Коэффициент вариации CV контурного профиля рассчитывается по формуле:

$$\boldsymbol{CV} = \frac{\boldsymbol{\sigma}}{\bar{\boldsymbol{K}}} \cdot \boldsymbol{100\%}, \qquad (7)$$

где CV – коэффициент вариации контурного профиля; остальные обозначения соответствуют формулам (5) и (6).

Коэффициент сбалансированности $K_с$ контурного профиля определяется по формуле:

$$\boldsymbol{K}_{\text{с}} = \frac{\boldsymbol{K_{min}}}{\boldsymbol{K_{max}}}, \qquad (8)$$

где $K_с$ – коэффициент сбалансированности контурного профиля, K_{min} – минимальная оценка аналитического контура, K_{max} – максимальная оценка аналитического контура.

В рамках настоящего исследования принята авторская диагностическая шкала, согласно которой значение CV до 10 % характеризует сбалансированный контурный профиль, свыше 10 и до 20 % – умеренный дисбаланс, свыше 20 % – структурный дисбаланс, а значение $K_с$ выше 0,8 соответствует сбалансированному профилю, от 0,6 до 0,8 включительно – умеренно сбалансированному, ниже 0,6 – существенно несбалансированному.

Процедура включает фиксацию базовых значений, выявление аналитических контуров с минимальными оценками, задание целевого ориентира и интенсивности сокращения разрыва, расчёт сценарных значений, агрегирование $I_о$, $I_э$ и $I_{адд}$, оценку вариации и сбалансированности контурного профиля и интерпретацию результатов с поправкой на отраслевую специфику.

Целевой ориентир 2,60 – верхняя граница уровня «выше среднего», единая точка сценарного сравнения, а не отраслевой норматив; консервативный сценарий закрывает шестую часть разрыва до ориентира, базовый – треть, оптимистический – половину.

Фактически апробированы входной, диагностический и управленческий блоки ОЭМ [2, с. 1449–1451]; по реализационному и результативно-корректирующему блокам подготовлены проектные мероприятия. Поэтому расчётные значения трактуются как сценарные результаты при выполнении предпосылок, а не как прогноз или подтверждённый эффект внедрения.

Коэффициенты CV и $K_с$ дополняют $I_{адд}$: первый показывает относительный разброс оценок аналитических контуров, второй – разрыв между минимальной и максимальной оценками; итоговая характеристика контурного профиля выбирается по менее благоприятному из двух критериев.

Результаты исследования

Результаты сценарной оценки изменения аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$ представлены в таблице 1: при принятых предпосылках его расчётные значения увеличиваются по всем предприятиям – с 2,46 до 2,51 балла у ООО «ЮГМК», с 2,24 до 2,36 балла у ООО «Луганский ЛМЗ», с 2,41 до 2,47 балла у АО «Луганск-Нива» и с 2,31 до 2,41 балла у ООО «ТЭК „Родина“» / шахты «Белореченская».

Таблица 1

Сценарная оценка изменения аддитивного интегрального показателя $I_{ддд}$ устойчивого развития промышленных предприятий

Предприятие	Базовое значение $I_{адд}$	Сценарное значение $I_{адд}$	Прирост $I_{адд}$
ООО «ЮГМК»	2,46	2,51	+0,05
ООО «Луганский ЛМЗ»	2,24	2,36	+0,12
АО «Луганск-Нива»	2,41	2,47	+0,06
ООО «ТЭК „Родина“» / шахта «Белореченская»	2,31	2,41	+0,10

Примечание – составлено автором на основе результатов сценарной оценки.

Анализ чувствительности по трём сценариям показывает прирост $I_{адд}$ 0,02–0,07 балла для ООО «ЮГМК», 0,06–0,18 балла для ООО «Луганский ЛМЗ», 0,03–0,10 балла для АО «Луганск-Нива» и 0,05–0,15 балла для ООО «ТЭК „Родина“» / шахты «Белореченская»; во всех вариантах наибольший прирост сохраняется у ООО «Луганский ЛМЗ», что подтверждает устойчивость сравнительного вывода.

Для иллюстрации расчёта рассмотрим ООО «Луганский ЛМЗ». Базовые значения частных индексов за 2025 г. составляют $I_о = 2{,}2857$ и $I_э = 2{,}1888$; промежуточные значения округлены до четырёх знаков после запятой, итоговые оценки – до сотых. Для базового сценария $q = 1/3$.

Таблица 2

Связь приоритетных аналитических контуров и проектных мероприятий

Предприятие	Приоритетный аналитический контур	Приоритетное мероприятие	Ожидаемый результат	Ответственный	Периодичность контроля
ООО «ЮГМК»	финансовый; затратно-себестоимостный; инвестиционно-воспроизводственный	бюджетирование и управление денежными потоками; контроль затрат и ресурсопотребления; формирование программы обновления производственного потенциала	укрепление финансовой устойчивости, снижение издержек и поддержание инвестиционной активности	экономическая служба	ежегодно

ООО «Луганский ЛМЗ»	производственно-эффективностный; результативный; институционально-кадровый	повышение загрузки мощностей; совершенствование организации производства; развитие персонала, наставничества и мотивации	рост производительности и рентабельности, снижение простоев, повышение кадровой устойчивости	производственная и кадровая службы	ежеквартально
АО «Луганск-Нива»	затратно-себестоимостный; инновационно-адаптационный	оптимизация себестоимости и логистики; ресурсосбережение; повышение адаптивности процессов и внедрение цифровых решений	снижение удельных затрат, повышение адаптивности и сохранение сбалансированности контурного профиля	экономическая и коммерческая службы	ежеквартально
ООО «ТЭК „Родина“» / шахта «Белореченская»	финансовый; затратно-себестоимостный	бюджет движения денежных средств; лимиты затрат; управление ликвидностью и денежными потоками; контроль удельных издержек	укрепление финансовой устойчивости, снижение затратной нагрузки и повышение платёжеспособности	техническая и финансовая службы	ежемесячно

Примечание – составлено автором на основе результатов диагностики аналитических контуров и разработанных проектных мероприятий.

Сценарные значения частных индексов составляют $I_{сц,о}$ = 2,2857 + (1/3)(2,60 − 2,2857) = 2,3905 и $I_{сц,э}$ = 2,1888 + (1/3)(2,60 − 2,1888) = 2,3259; отсюда $I_{сц,адд}$ = 0,5 × 2,3905 + 0,5 × 2,3259 = 2,3582, а расчётный прирост $\Delta I_{адд}$ = 2,3582 − 2,2372 = 0,1210 ≈ 0,12. Таким образом, при принятых предпосылках ООО «Луганский ЛМЗ» характеризуется наибольшим расчётным приростом $I_{адд}$.

Оценка сбалансированности контурного профиля

Дополнительно анализируется изменение *CV* и $K_с$: сценарные оценки аналитических контуров получены по формуле (4) при q = 1/3 для приоритетных контуров каждого предприятия (таблица 2), оценки остальных контуров сохранены на базовом уровне.

Таблица 3

Сценарная оценка сбалансированности контурного профиля предприятия

Предприятие	*CV* базовый, %	*CV* сценарный, %	$K_с$ базовый	$K_с$ сценарный	Интерпретация
ООО «ЮГМК»	13,2	10,1	0,67	0,73	Умеренно сбалансированный контурный профиль; вариация близка к границе 10 %
ООО «Луганский ЛМЗ»	29,7	20,2	0,33	0,51	Снижение структурного дисбаланса контурного профиля; требуется продолжение мероприятий
АО «Луганск-Нива»	11,7	9,0	0,67	0,73	Умеренно сбалансированный контурный профиль
ООО «ТЭК „Родина“» / шахта «Белореченская»	15,3	11,2	0,62	0,70	Умеренно сбалансированный контурный профиль

Примечание – составлено автором на основе сценарных оценок аналитических контуров.

По данным таблицы 3 сбалансированность контурного профиля при базовом сценарии улучшается у всех предприятий: у ООО «Луганский ЛМЗ» *CV* снижается с 29,7 до 20,2 %, а $K_с$ растёт с 0,33 до 0,51 при сохранении структурного дисбаланса; у ООО «ЮГМК» *CV* снижается до 10,1 %, у АО «Луганск-Нива» – до 9,0 %, у ООО «ТЭК „Родина“» / шахты «Белореченская» – до 11,2 %.

Обсуждение результатов

Сценарный результат ООО «ЮГМК» связан со снижением ограничений финансового и затратно-себестоимостного контуров, ООО «Луганский ЛМЗ» – с повышением оценок производственно-эффективностного, результативного и институционально-кадрового контуров, АО «Луганск-Нива» – с точечными изменениями затратно-себестоимостного и инновационно-адаптационного контуров, ООО «ТЭК „Родина“» / шахты «Белореченская» – с ослаблением финансового и затратно-себестоимостного ограничений. Конфигурация приоритетных контуров определяет индивидуальный состав мероприятий каждого предприятия.

Полученные результаты подтверждают сформулированное автором ранее положение о том, что механизм «должен иметь адресный характер и учитывать отраслевую специфику, ресурсные ограничения, уровень риска и состояние аналитических контуров» [2, с. 1452]. Такая логика согласуется с исследованиями устойчивого производства и оценивания его результативности [5; 6; 8; 17].

Расчётный прирост $I_{адд}$ зависит от исходного разрыва до ориентира и адресности проектных мероприятий, поэтому максимальный сценарный результат ООО «Луганский ЛМЗ» не следует трактовать как достижение устойчивого состояния: приоритетом становится второй цикл корректирующих действий, направленный на производственную результативность и кадровую устойчивость.

Результаты согласуются с представлением о резильентности как способности системы проходить через нарушение, адаптировать конфигурацию ресурсов и сохранять ключевые функции [7; 11; 12; 20]: снижение вариации контурного профиля сокращает зоны уязвимости, через которые внешние шоки распространяются на деятельность предприятия, а сбалансированность профиля выступает структурной предпосылкой резильентности, но не её заменой.

Отраслевая дифференциация не отменяет единой методики: для металлургии значимы энергоёмкость и надёжность снабжения, для машиностроения – загрузка оборудования и кадровые компетенции, для пищевой промышленности – сырьевая база и логистика, для угольной отрасли – промышленная безопасность и состояние основных фондов. Цифровые инструменты усиливают ОЭМ, будучи встроенными в контур принятия решений [7; 10; 15; 19]; циркулярные практики снижают удельные издержки и вводятся в портфель мероприятий поэтапно, в увязке с инвестиционно-воспроизводственным контуром [9; 16].

Диагностика описывает базовое состояние, сценарная оценка – условные будущие значения, мониторинг – регулярное наблюдение после реализации мероприятий; контроль фактической результативности строится на сопоставлении сценарных и фактических значений с учётом динамики цен, доступности сырья, стоимости финансирования и спроса.

Равные веса при агрегировании $I_о$ и $I_э$ выбраны как прозрачная базовая модель; в прикладных задачах веса могут уточняться экспертной процедурой или анализом чувствительности. Проверку методики предстоит продолжить ретроспективным сопоставлением сценариев с фактическими значениями и оценкой временных лагов между организационными решениями и экономическим результатом.

Заключение

Во-первых, при принятых сценарных предпосылках расчётный прирост аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$ по четырём предприятиям составил 0,05–0,12 балла в базовом сценарии и сопровождался улучшением сбалансированности контурного профиля. Лидерство ООО «Луганский ЛМЗ» по этому показателю сохраняется и в консервативном, и в оптимистическом сценариях.

Во-вторых, новизна работы – в совместном использовании сценарной динамики частных индексов $I_о$, $I_э$ и аддитивного интегрального показателя $I_{адд}$ с коэффициентом вариации *CV* и коэффициентом сбалансированности $K_с$: такой набор охватывает и уровень устойчивого развития, и сбалансированность контурного профиля. Практическая ценность состоит в переходе от диагностического профиля к адресному портфелю мероприятий, ответственным лицам и контрольным точкам; результаты дополняют выполненные автором ранее исследования по формированию ОЭМ и отраслевой диагностике [2; 3].

В-третьих, ограничениями исследования являются малая целевая выборка, зависимость части данных от экспертной верификации, равные веса, условный характер сценарных предпосылок, чувствительность результатов к принятой шкале и целевому ориентиру, отсутствие вероятностной оценки внешних шоков. Результаты корректно рассматривать как инструмент сравнительного обоснования решений; фактическую результативность реализационного и результативно-корректирующего блоков покажут последующие циклы наблюдения.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются расширение выборки, калибровка порогов, проверка чувствительности к весам, а также дополнение сценарной модели интервальными оценками и анализом фактического достижения сценарных значений.

Литература

1. Коваленко И. И., Соколицын А. С. Организационно-экономический механизм управления устойчивым развитием предприятия с учётом производственного риска // π-Economy. – 2019. – Т. 12, № 6. – С. 174–188. – DOI 10.18721/JE.12615.
2. Мельник Н. А. Организационно-экономический механизм устойчивого развития промышленных предприятий // Экономика и предпринимательство. – 2026. – № 4 (189). – С. 1447–1453. – DOI 10.34925/EIP.2026.189.4.248.
3. Мельник Н. А. Отраслевая специфика детерминант устойчивого развития промышленных предприятий Луганской Народной Республики // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2026. – Т. 3, № 8. – С. 237–247. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.08.03.023.

4. Милюков А. А. Региональный механизм управления устойчивым развитием промышленного предприятия // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 73–80. – DOI 10.18287/2542-0461-2023-14-2-73-80.
5. Bai C., Dallasega P., Orzes G., Sarkis J. Industry 4.0 Technologies Assessment: A Sustainability Perspective // International Journal of Production Economics. – 2020. – Vol. 229. – Art. 107776. – DOI 10.1016/j.ijpe.2020.107776.
6. Contini G., Peruzzini M. Sustainability and Industry 4.0: Definition of a Set of Key Performance Indicators for Manufacturing Companies // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, no. 17. – Art. 11004. – DOI 10.3390/su141711004.
7. Duchek S. Organizational Resilience: A Capability-Based Conceptualization // Business Research. – 2020. – Vol. 13. – P. 215–246. – DOI 10.1007/s40685-019-0085-7.
8. Garetti M., Taisch M. Sustainable Manufacturing: Trends and Research Challenges // Production Planning & Control. – 2012. – Vol. 23, no. 2–3. – P. 83–104. – DOI 10.1080/09537287.2011.591619.
9. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 143. – P. 757–768. – DOI 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
10. Ghobakhloo M. Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 252. – Art. 119869. – DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119869.
11. Hillmann J., Guenther E. Organizational Resilience: A Valuable Construct for Management Research? // International Journal of Management Reviews. – 2021. – Vol. 23, no. 1. – P. 7–44. – DOI 10.1111/ijmr.12239.
12. Holling C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1973. – Vol. 4. – P. 1–23. – DOI 10.1146/annurev.es.04.110173.000245.
13. ISO 31000:2018. Risk Management – Guidelines. – 2nd ed. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018. – 16 p. – URL: https://www.iso.org/standard/65694.html (дата обращения: 07.09.2026).
14. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70, no. 1. – P. 71–79.
15. Khan A. Y., Akhtar M., Khan A. Y. Digitalization for a Sustainable Performance: Dual-Study Analysis of Digital Leadership, Circular Economy, and Technological Innovation // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, no. 23. – Art. 10465. – DOI 10.3390/su162310465.
16. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – Vol. 127. – P. 221–232. – DOI 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
17. Kumar M., Mani M. Sustainability Assessment in Manufacturing for Effectiveness: Challenges and Opportunities // Frontiers in Sustainability. – 2022. – Vol. 3. – Art. 837016. – DOI 10.3389/frsus.2022.837016.
18. Singh R. K., Murty H. R., Gupta S. K., Dikshit A. K. An Overview of Sustainability Assessment Methodologies // Ecological Indicators. – 2012. – Vol. 15, no. 1. – P. 281–299. – DOI 10.1016/j.ecolind.2011.01.007.
19. Vial G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda // The Journal of Strategic Information Systems. – 2019. – Vol. 28, no. 2. – P. 118–144. – DOI 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
20. Wan X., Yang X., Wen Q., Gang J., Gan L. Sustainable Development of Industry–Environmental System Based on Resilience Perspective // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17, no. 2. – Art. 645. – DOI 10.3390/ijerph17020645.

Scenario assessment of the effectiveness of the organizational and economic mechanism for ensuring sustainable development of industrial enterprises in the Lugansk People's Republic

Melnik N.A.
Lugansk State University named after Vladimir Dahl

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article substantiates a scenario assessment of the effectiveness of the organizational and economic mechanism for ensuring sustainable development of industrial enterprises. The method is tested using 2023–2025 data from four sectorally contrasting metallurgical, machine-building, food, and coal enterprises of the Lugansk People's Republic. Individual indicators are normalized on a 1.00–3.00 scale and aggregated into organizational and economic blocks with equal weights; conservative, baseline, and optimistic scenarios are considered. It is shown that, under the accepted assumptions, the calculated increase in the additive integral indicator I_{add} ranges from 0.05 to 0.12 points and is accompanied by improved balance of the contour profile, with the largest increase obtained for the enterprise with the most imbalanced initial profile. The scientific novelty lies in jointly assessing the change in the sustainable-development level by I_{add} and the balance of the contour profile. The results are scenario estimates and form a methodological basis for targeted management decisions.

Keywords: sustainable development, industrial enterprise, organizational and economic mechanism, scenario assessment, additive integral indicator I_{add}, analytical contour, coefficient of variation, contour-profile balance, regional economy.

References

1. Kovalenko I. I., Sokolytsyn A. S. Organizational and economic mechanism for managing the sustainable development of an enterprise, accounting for production risk // π-Economy. – 2019. – Vol. 12, No. 6. – pp. 174–188. – DOI 10.18721/JE.12615.
2. Melnik N. A. Organizational and economic mechanism for the sustainable development of industrial enterprises // Economy and Entrepreneurship. – 2026. – No. 4 (189). – pp. 1447–1453. – DOI 10.34925/EIP.2026.189.4.248.
3. Melnik N. A. Industry-specific determinants of sustainable development for industrial enterprises in the Lugansk People's Republic // Economy and Management: Problems, Solutions. – 2026. – Vol. 3, No. 8. – pp. 237–247. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.08.03.023.
4. Milyukov A. A. Regional mechanism for managing the sustainable development of an industrial enterprise // Vestnik of Samara University. Economics and Management. – 2023. – Vol. 14, No. 2. – pp. 73–80. – DOI 10.18287/2542-0461-2023-14-2-73-80. 5. Bai C., Dallasega P., Orzes G., Sarkis J. Industry 4.0 Technologies Assess-ment: A Sustainability Perspective // International Journal of Production Economics. – 2020. – Vol. 229. – Art. 107776. – DOI 10.1016/j.ijpe.2020.107776.
6. Contini G., Peruzzini M. Sustainability and Industry 4.0: Definition of a Set of Key Performance Indicators for Manufacturing Companies // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, no. 17. – Art. 11004. – DOI 10.3390/su141711004.
7. Duchek S. Organizational Resilience: A Capability-Based Conceptualization // Business Research. – 2020. – Vol. 13. – P. 215–246. – DOI 10.1007/s40685-019-0085-7.
8. Garetti M., Taisch M. Sustainable Manufacturing: Trends and Research Challenges // Production Planning & Control. – 2012. – Vol. 23, no. 2–3. – P. 83–104. – DOI 10.1080/09537287.2011.591619.
9. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 143. – P. 757–768. – DOI 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
10. Ghobakhloo M. Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 252. – Art. 119869. – DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119869.
11. Hillmann J., Guenther E. Organizational Resilience: A Valuable Construct for Management Research? // International Journal of Management Reviews. – 2021. – Vol. 23, no. 1. – P. 7–44. – DOI 10.1111/ijmr.12239.
12. Holling C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems // Annual Re-view of Ecology and Systematics. – 1973. – Vol. 4. – P. 1–23. – DOI 10.1146/annurev.es.04.110173.000245.
13. ISO 31000:2018. Risk Management – Guidelines. – 2nd ed. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018. – 16 p. – URL: https://www.iso.org/standard/65694.html (access date: 09/07/2026).
14. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70, no. 1. – P. 71–79.
15. Khan A. Y., Akhtar M., Khan A. Y. Digitalization for a Sustainable Performance: Dual-Study Analysis of Digital Leadership, Circular Economy, and Technological Innovation // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, no. 23. – Art. 10465. – DOI 10.3390/su162310465.
16. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – Vol. 127. – P. 221–232. – DOI 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
17. Kumar M., Mani M. Sustainability Assessment in Manufacturing for Effectiveness: Challenges and Opportunities // Frontiers in Sustainability. – 2022. – Vol. 3. – Art. 837016. – DOI 10.3389/frsus.2022.837016.
18. Singh R. K., Murty H. R., Gupta S. K., Dikshit A. K. An Overview of Sustainability Assessment Methodologies // Ecological Indicators. – 2012. – Vol. 15, no. 1. – P. 281–299. – DOI 10.1016/j.ecolind.2011.01.007.
19. Vial G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda // The Journal of Strategic Information Systems. – 2019. – Vol. 28, no. 2. – P. 118–144. – DOI 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
20. Wan X., Yang X., Wen Q., Gang J., Gan L. Sustainable Development of Industry–Environmental System Based on Resilience Perspective // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17, no. 2. – Art. 645. – DOI 10.3390/ijerph17020645.

Интеллектуальная система верификации таможенной стоимости товаров на основе компьютерного зрения и цифрового двойника декларации

Новиков Всеволод Александрович
к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий, Кубанский институт профессионального образования, vsenovik@bk.ru,

Новикова Анастасия Александровна
к.т.н., доцент, доцент кафедры информационной безопасности, Краснодарский университет МВД России, gingary@yandex.ru,

Копцов Сергей Васильевич
доцент кафедры информационной безопасности, полковник полиции, Краснодарский университет МВД России, serega.kchr@yandex.ru,

Ларина Алевтина Юрьевна
преподаватель кафедры информационной безопасности, капитан полиции, Краснодарский университет МВД России, alevtinochka26@mail.ru

В статье предлагается концепция интеллектуальной системы верификации таможенной стоимости и количества товаров на основе анализа электронной декларации и рентгеновских изображений. Подход основан на формировании «цифрового двойника» товарной партии путём объединения текстовой модели (данные декларации) и визуальной модели (компьютерное зрение на снимках досмотровых сканеров). В качестве ядра системы рассматриваются детекторы объектов семейства YOLO, позволяющие автоматически подсчитывать однородные товары (смартфоны, ноутбуки, табачные изделия и др.) и оценивать их минимальную рыночную стоимость. Сопоставление этих оценок с задекларированными данными даёт возможность автоматически выявлять потенциальное занижение стоимости и недекларирование части партии, формируя сигналы для углублённого досмотра. Научная новизна заключается в использовании компьютерного зрения не только для поиска запрещённых предметов, но и для проверки достоверности декларирования стоимости и количества легальных товаров.
Ключевые слова: Таможенный контроль, компьютерное зрение, рентгеновские изображения, цифровой двойник декларации, YOLO, верификация таможенной стоимости.

Введение

Современное таможенное администрирование всё больше опирается на цифровую трансформацию и внедрение методов искусственного интеллекта. Существующие решения в этой области сосредоточены, как правило, на автоматической классификации и проверке стоимости по декларациям, а также на поиске запрещённых предметов на рентгеновских снимках. Примеры таких решений — проекты по автоматическому анализу рентгеновских изображений контейнеров и «цифровой инспектор» для ускорения досмотра ручной клади.

При этом большинство систем работают автономно: либо с текстами деклараций, либо с изображениями, но не сопоставляют заявленные данные с реальным содержимым в автоматическом режиме. Из-за этого сложнее выявлять занижение стоимости или недекларирование частей партии, особенно в сегменте мелких посылок и трансграничной онлайн-торговли. Инспектор не может вручную сверить каждую декларацию с содержимым на рентгеновском снимке, что создаёт разрыв в системе контроля. Кроме того, визуально не всегда можно определить, является ли устройство восстановленным (так называемым «рефаб») или относится к категории A, B, C.

Научная новизна предлагаемой работы состоит в разработке гибридной интеллектуальной системы, которая объединяет анализ текстов деклараций (номенклатура, количество, стоимость) с компьютерным зрением на рентгеновских снимках. За счёт этого можно автоматически подсчитывать однородные товары и оценивать их минимальную рыночную стоимость. Результаты детекции используются не только для поиска запрещённых предметов, но и для проверки достоверности заявленных количества и стоимости легальных товаров. Такой подход позволяет усилить риск-ориентированный контроль, сократить долю ручных проверок и увеличить сборы таможенных платежей.

Актуальность исследования подтверждается масштабом проблемы «серого» импорта. По оценкам, годовой оборот ввозимых в Россию товаров в обход таможенных платежей достигает 10–15 млрд долл. США, что приводит к недополучению бюджетом от 200 до 400 млрд руб. ежегодно. Особую нишу занимает трансграничная интернет-торговля, где распространена практика занижения стоимости в инвойсах или декларирование дорогой техники как «восстановленной» или «б/у» для уклонения от уплаты пошлин. Существующие методы контроля не справляются с потоком и изощрённостью таких схем, что делает актуальной разработку автоматизированных систем верификации.

1. Концепция построения модели верификации товаров

Предлагаемая система строится вокруг «цифрового двойника» товарной партии, формируемого на основании электронной декларации и рентгеновского изображения [2]. Из декларации с помощью методов обработки текста извлекаются сущности «товар — количество — заявленная стоимость», а также потенциально рискованные формулировки (обобщённые описания, указание «б/у» и т.п.). Параллельно модель компьютерного зрения на рентгеновском изображении автоматически обнаруживает и классифицирует целевые категории товаров (смартфоны, ноутбуки, блоки сигарет, бутылки алкоголя и др.), подсчитывая их количество.

За основу взят подход обнаружения объектов. Он позволяет одновременно локализовать и подсчитать единицы товаров по классам [3]. На рентгеновских снимках объекты часто плотно уложены и перекрывают друг друга, поэтому оптимальны детекторы семейства YOLO, они устойчивы к частичной окклюзии и работают в реальном времени. Для реализации концепции рассматриваются конфигурации уровня YOLOv8 L или YOLOv11 L [5], обеспечивающие баланс между точностью детекции мелких объектов и скоростью; облегчённые версии (Nano/Small) могут терять качество на сложных сценах. [1]

После детектирования формируется агрегированный набор количественных признаков: число единиц электроники, оценочное количество сигарет (пересчёт блоков в сигареты), примерный объём алкогольной продукции. На основе этих данных и справочных минимальных рыночных цен (например, средние цены на смартфоны определённой модели из открытых источников) вычисляется ориентировочная минимальная стоимость выявленных товаров. Эти показатели сопоставляются с данными декларации и действующими лимитами беспошлинного ввоза. На их основе вычисляется интегральный показатель риска. В зависимости от его величины система либо не требует вмешательства инспектора (низкий уровень), либо рекомендует документальную проверку, либо автоматически инициирует углублённый досмотр [6].

Для практического использования результаты детекции могут быть интегрированы в простую схему оценки риска [1]. На основе количества электроники, табачных и алкогольных изделий задаются дискретные пороги, соотносящиеся с нормами беспошлинного ввоза для физических лиц. Например, наличие одного-двух смартфонов и одного ноутбука трактуется как личное пользование, тогда как выявление шести и более однотипных устройств

при отсутствии соответствующего декларирования рассматривается как признак коммерческой партии. Аналогично, превышение пороговых значений по блокам сигарет или объёму алкоголя автоматически повышает уровень риска. Такой показатель может использоваться как один из входных признаков в системе управления профилями рисков таможенных органов.

2. Экспериментальная часть

2.1. Набор данных

Для проверки работоспособности модуля компьютерного зрения использовалась открытая база рентгеновских изображений досмотровых сканеров (порядка 8,3 тыс. снимков ручной клади и багажа). Из неё случайным образом отобрано 1800 изображений для ручной разметки целевых классов (смартфоны, ноутбуки, планшеты) с помощью платформы Roboflow. Размеченный набор разделён на обучающую, валидационную и тестовую выборки в пропорции 70/15/15%.

2.2. Архитектура и обучение модели

В качестве базовой архитектуры применялась модель YOLOv8 L, обученная в Roboflow на изображениях, приведённых к фиксированному размеру 1024×1024 пикселя с сохранением пропорций [5]. Для повышения обобщающей способности использовались лёгкие преобразования (повороты, отражения, изменения яркости и контрастности, добавление шума) с сохранением цветовой кодировки материалов. Сильные цветовые искажения не применялись, чтобы не нарушать характерное отображение плотности материалов на рентгеновских снимках.

Обучение проводилось в течение 100 эпох. В качестве функции потерь использовалась стандартная для YOLO комбинация. Для координат ограничивающих рамок — регрессионная составляющая (потеря на основе пересечения рамок), для классификации объекта внутри рамки — перекрёстная энтропия, для оценки наличия объекта в ячейке — объектная составляющая. По завершении обучения сохранялась модель с наилучшим значением метрики на валидационной выборке.

2.3. Метрики оценки

Качество детекции оценивалось по стандартным метрикам: точность (precision), полнота (recall), F1 мера и средняя точность (mAP) при пороге пересечения рамок 0,5. Точность показывает долю верных срабатываний среди всех срабатываний модели. Полнота характеризует долю реально существующих объектов, которые модель смогла обнаружить. F1 мера является средним гармоническим точности и полноты. При расчёте метрик использовался порог доверия (confidence) 0,5 — детекции с меньшим значением отбрасывались как ненадёжные. [4]

2.4. Результаты эксперимента

На независимой тестовой выборке (15% от размеченного датасета) усреднённые по всем классам значения составили: точность — 0,83, полнота — 0,77, F1 мера — 0,80, mAP@0.5 — 0,79. Наилучшие показатели получены для классов «смартфон» и «ноутбук», что объясняется их характерной формой и высокой контрастностью на рентгеновских изображениях. [4]

Дополнительно модель была протестирована на подвыборке «сложных» снимков с высокой загруженностью и сильными наложениями предметов. На этих данных полнота ожидаемо снизилась до 0,72 при сохранении точности 0,80. Для прототипа системы предварительного отбора потенциально опасных объектов такой результат можно считать приемлемым, поскольку модель выявляет значительную часть объектов, а число ложных срабатываний остаётся относительно небольшим.

Важным представляется тот факт, что представленный эксперимент демонстрирует работоспособность только модуля компьютерного зрения (детекции и подсчёта товаров). Полная система верификации, включающая автоматическое сопоставление с данными электронных деклараций и расчёт стоимостных оценок, находится на стадии концептуальной проработки и требует дальнейших исследований на реальных массивах таможенных документов.

3. Ограничения подхода

Предложенный подход имеет ряд ограничений. Качество системы во многом определяется тем, насколько полно обучающий набор рентгеновских изображений отражает реальные условия работы, а также количеством учитываемых классов. Для отдельных категорий товаров, таких как запчасти, косметика и мелкие аксессуары, может потребоваться дополнительная настройка и дообучение моделей. При сопоставлении визуально оценённой стоимости с заявленной необходимо аккуратно выбирать нижнюю границу рыночных цен, чтобы минимизировать число ложных срабатываний в отношении добросовестных участников внешнеэкономической деятельности. Встроенность системы в контур принятия решений требует чёткого нормативного закрепления её статуса как вспомогательного инструмента, а не автоматизированного «судьи», чтобы сохранялась приоритетная роль инспектора и обеспечивалась проверяемость выводов модели.

Вывод

Проведённый эксперимент показал, что модель детекции на основе YOLOv8 L уверенно выделяет целевые категории товаров на рентгеновских снимках и подсчитывает их количество. Это создаёт основу для автоматизированной предварительной оценки таможенной стоимости (путём умножения выявленного количества на справочные минимальные цены) и, в перспективе, для сопоставления с данными деклараций. Такую систему можно встраивать в действующие досмотровые комплексы в качестве модуля для подсчёта типовой электроники и других товаров риска, быстрой оценки их минимальной стоимости и генерации сигналов при превышении лимитов для физических лиц.

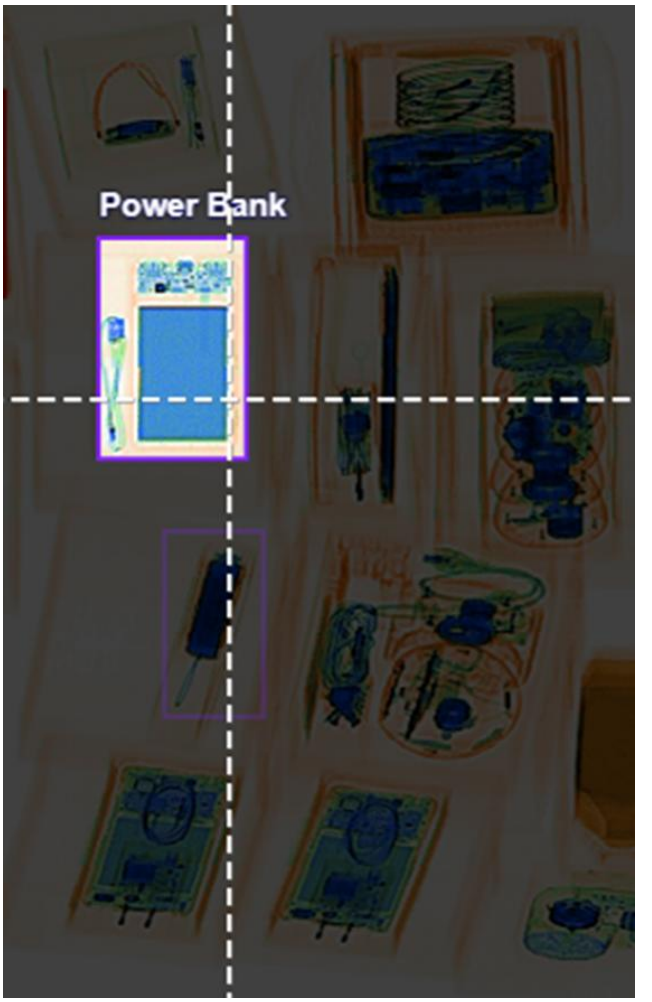


Рис. 1 Выявленный моделью класс Power bank.

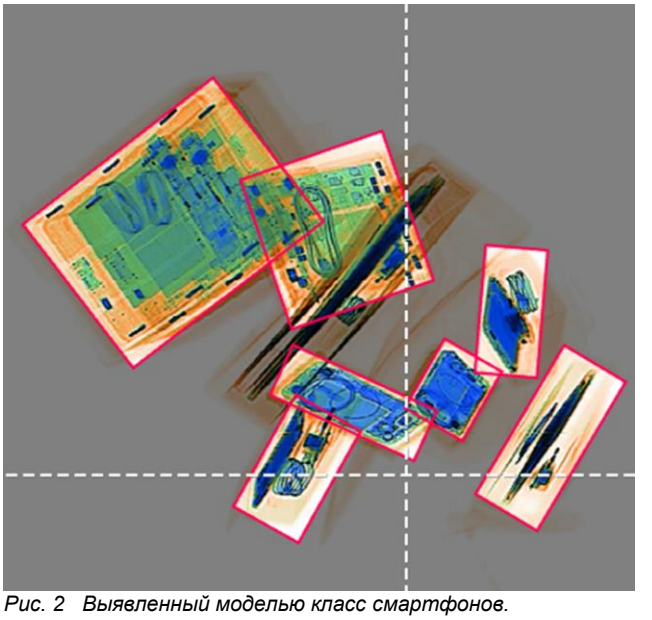


Рис. 2 Выявленный моделью класс смартфонов.

Заключение

Перспективы дальнейшей работы включают три направления: масштабирование набора данных за счёт реальных снимков от таможенных

органов, расширение набора классов (табачная и алкогольная продукция, товары двойного назначения) и интеграция модели детекции с существующими системами риск-менеджмента. Интеграция визуальной модели с транзакционными данными (история цен, профили участников внешнеэкономической деятельности) позволит усилить автоматизированную оценку таможенной стоимости и точнее выявлять случаи занижения стоимости и коммерческого ввоза под видом личного пользования. Дополнительным направлением может стать анализ крупнотоннажных контейнерных поставок, где «цифровой двойник» партии позволит на ранней стадии выявлять нетипичные комбинации товаров и маршрутов.

Литература

1. Афонин Д. Н. Применение искусственных нейронных сетей для анализа рентгеновских изображений контейнеров и транспортных средств // Бюллетень инновационных технологий. – 2024 – С. 5–9.
2. Перспективы применения искусственного интеллекта в системе таможенного контроля // Бюллетень инновационных технологий. – 2025 – С. 49–53.
3. Цифровой инспектор: как компьютерное зрение и нейросети автоматизируют досмотр грузов на таможне // Материалы конференции Финансового университета при Правительстве РФ. – 2026.
4. Akcay S., Breckon T. MFA-net: Object Detection for Complex X-ray Cargo and Baggage Imagery // Conference on Imaging and Security Systems. – 2022.
5. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. YOLOv8 Documentation [Электронный ресурс] // Ultralytics. – 2023. – Режим доступа: URL: https://docs.ultralytics.com (дата обращения: 15.04.2026).
6. Squirrel M. How Machine Learning Can Automate the Determination of the Valuation of Goods // WCO News. – 2020.

An Intelligent System for Verifying the Customs Value of Goods Based on Computer Vision and a Digital Twin of the Declaration

Novikov V.A., Novikova A.A., Koptsov S.V., Larina A.Yu.
Kuban Institute of Professional Education, Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article proposes a concept for an intelligent system designed to verify the customs value and quantity of goods by analyzing electronic declarations alongside X-ray images. The approach involves creating a "digital twin" of a shipment by integrating a textual model (derived from declaration data) with a visual model (generated via computer vision applied to X-ray inspection scans). The system's core utilizes object detectors from the YOLO family, which enable the automated counting of homogeneous goods—such as smartphones, laptops, or tobacco products—and the estimation of their minimum market value. By comparing these estimates against the declared data, the system can automatically identify potential underreporting of value or the omission of items from a declaration, thereby triggering alerts for more thorough physical inspections. The scientific novelty of this approach lies in employing computer vision not merely to detect contraband, but to verify the accuracy of the declared value and quantity of legitimate goods.

Keywords: Customs control, computer vision, X-ray images, digital twin of a declaration, YOLO, customs value verification.

References

1. Afonin D. N. Application of Artificial Neural Networks for the Analysis of X-ray Images of Containers and Vehicles // Bulletin of Innovative Technologies. – 2024. – pp. 5–9.
2. Prospects for the Use of Artificial Intelligence in the Customs Control System // Bulletin of Innovative Technologies. – 2025. – pp. 49–53.
3. Digital Inspector: How Computer Vision and Neural Networks Automate Cargo Inspection at Customs // Proceedings of the Conference of the Financial University under the Government of the Russian Federation. – 2026.
4. Akcay S., Breckon T. MFA-net: Object Detection for Complex X-ray Cargo and Baggage Imagery // Conference on Imaging and Security Systems. – 2022.
5. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. YOLOv8 Documentation [Electronic resource] // Ultralytics. – 2023. – Available at: URL: https://docs.ultralytics.com (accessed: 15.04.2026).
6. Squirrel M. How Machine Learning Can Automate the Determination of the Valuation of Goods // WCO News. – 2020.

Региональная дифференциация сценариев экономического роста в производстве масличных культур Российской Федерации

Ободец Роман Васильевич
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и менеджмента экономического факультета, Башкирский государственный аграрный университет; профессор кафедры экономики и управления, Башкирская академия государственной службы и управления при Главе Республики Башкортостан, incubator-org@yandex.ru,

Миляуша Тагировна Лукьянова
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента экономического факультета, Башкирский государственный аграрный университет, lukyanova-34-74@mail.ru

Стабильность и устойчивость темпов производства масличных культур обеспечивается совокупностью факторов, среди которых необходимо выделить стратегические механизмы и инструменты развития, государственная поддержка, последовательность и гибкость реализуемых мер, а также учет специфики различных субъектов. В России отмечается устойчивый рост производства масличных культур, который обеспечивают ведущие аграрные регионы страны. Наибольшие объёмы приходятся на подсолнечник, рапс и сою. Среди субъектов Федерации выделяются те, где традиционно развито сельское хозяйство и активно внедряются современные технологии. Эти регионы не только увеличивают сбор урожая, но и наращивают экспорт масложировой продукции, укрепляя позиции России на мировом рынке. Сделан вывод, что достижение целевых показателей по производству масличных культур в регионах-лидерах РФ возможно при реализации различных сценариев развития. Анализ показал, что наиболее устойчивый рост наблюдается в регионах с экстенсивно-интенсивным сценарием, что позволяет не только увеличить валовой сбор, но и повысить качество продукции.

Ключевые слова: анализ, валовой сбор, объем, посевная площадь, показатель, производство, регион, лидер, масличные культуры, урожайность.

Введение

Выбор оптимальной траектории развития производства масличных культур является основной задачей перед регионами-лидерами в связи стратегической важности агропромышленного комплекса для национальной экономики страны. Изменения в динамике основных показателей и их прогнозирование на долгосрочный период в этих субъектах не может рассматриваться как случайный результат благоприятной конъюнктуры. Все это должно базироваться на осознанном выборе модели хозяйствования, исследование которых позволяет определить наиболее эффективные стратегии роста, выявить ключевые факторы успеха лидирующих территорий и сформировать научно обоснованные рекомендации для тиражирования их опыта в других субъектах федерации.

Достижение целевых показателей регионов-лидеров по производству масличных культур может происходить по одному их следующих представленных сценарий:

экстенсивный сценарий предполагает увеличение объемов производства главным образом за счет расширения посевных площадей, вовлечения в оборот новых земель и использования традиционных технологий. Такой подход позволяет быстро нарастить валовой сбор, но ограничен природными и экономическими ресурсами.

интенсивный сценарий основывается на повышении урожайности и эффективности производства за счёт внедрения современных агротехнологий, использования высокопродуктивных сортов, улучшения системы удобрений и защиты растений, а также модернизации технической базы. Это обеспечивает устойчивый рост даже при ограниченных площадях.

экстенсивно-интенсивный сценарий сочетает оба подхода: одновременно расширяются посевные площади и внедряются инновационные технологии, что позволяет достичь максимальных результатов по валовому сбору и качеству.

инерционный сценарий характеризуется сохранением существующих темпов и структуры производства без значительных изменений в технологиях или масштабах, что обычно приводит к стагнации или минимальному росту.

Анализ этих сценариев позволяет выявить наиболее эффективные пути развития для каждого региона, определить ключевые факторы успеха и разработать рекомендации для других субъектов, стремящихся повысить свою производительность и конкурентоспособность [1]. Среди современных исследований авторов в рамках темы данной статьи следует обратить внимание на результаты связанные с изучением изменения посевных площадей и урожайности масличных культур с учетом такого фактора как импорт данной продукции [2]. Изучается динамика и структура рынка масличных культур в РФ [3, 4, 5] и отдельно в рамках отдельных регионов [6, 7, 8]. Интересно направление по формированию на основе масличных культур ресурсной базы для производства биотоплива [9]. В основном изучение выращивания таких культур в РФ сводится к расширению экспортного потенциала данных культур и перспективных для выращивания с маркетинговой точки зрения, запросов рынка и пр. [10]. Особое место в исследованиях занимает проблема динамичного ценообразования. Н.А. Сухочева отмечает, что успешное воспроизводство аграрной сферы невозможно без гибкой ценовой политики. Повышенный спрос на мировых рынках стимулирует развитие отечественной селекции и семеноводства, однако одновременно создает риски волатильности доходов местных производителей. [11]. Вопросы рентабельности остаются центральными в региональной научной повестке. Л.В. Тугачева и О.В. Борода отмечают общую тенденцию к росту экономической эффективности масложирового сектора, однако подчеркивают наличие региональных диспропорций [12, 13]. К ключевым приоритетам рентабельности относят сокращение затрат, снижение трудоемкости и рациональное использование ресурсов, что приводит к наращиванию объемов зерна, приросту экспорта и выравниванию условий жизни сельского населения [14]. Анализу современного состояния отрасли предшествует оценка ретроспективной динамики. В работе И.А. Ситниковой проведен детальный анализ изменения объемов производства, посевных площадей и урожайности масличных культур в регионе и выявлены причины их снижения [15]. Данный анализ может быть дополнен индексным методом, устанавливая абсолютное и относительное изменение объемов производства с учетом экстенсивного и интенсивного фактора, а также с помощью перераспределения долей между различными видами масличных культур [16]. В современных условиях развитие АПК требует внедрения инноваций и высококвалифицированных кадров, способных обеспечивать стратегическое производство товарного зерна масличных культур. Качество продукции играет ключевую роль в продовольственной безопасности России, формируя сырьевую базу для масложировой промышленности [17]. В современных условиях трансформация структуры посевов масличных культур обусловлена активной интенсификацией производства и многократным увеличением доз минеральных удобрений, что не всегда приводит к увеличению их потенциала [18, 19]. Обобщение научных исследований по проблемам выращивания масличных культур не позволяет выделить значимые факторы, способствующие повышению урожайности даже с учетом сокращения посев-

ных площадей. Изучение данного направления в разрезе регионов Российской Федерации будет способствовать эффективному и сбалансированному перенаправлению государственной ресурсной поддержки и привлекать в данную сферу инвестиции.

Целью данной статьи является проведение статистического анализа динамики производства масличных культур Российской Федерации в разрезе регионов и сценариев экономического роста (экстенсивный, интенсивный, экстенсивно-интенсивный, инерционный), что позволит сформировать прозрачные критерии для эффективного перераспределения государственной поддержки отрасли и отдельных предприятий в передовых регионах Российской Федерации.

Предмет статьи – сценарии развития и динамика производства основных масличных культур в разрезе регионов-лидеров Российской Федерации.

Методология

Применены методы статистического анализа, структурирования, дедукции и индукции.

Результаты исследования

Для производства растительного масла в Республике Башкортостан выращивают семена подсолнечника. Южные районы республики считаются северной границей его промышленного возделывания. В последние годы объёмы производства этой культуры значительно выросли. Основные посевы сосредоточены в предуральской степи и южной лесостепи, а также частично в зауральской степи. Благодаря высокой рыночной стоимости семян, подсолнечник остаётся рентабельной культурой. Производство в предуральской степи успешно конкурирует с Оренбургской областью и имеет преимущество перед более северными регионами [20, 21].

Регионы-лидеры по производству семян подсолнечника (в весе после доработки): Ростовская область (11,4% от общего объема производства в РФ в среднем за 2020 – 2024 гг.), Волгоградская область (8,0%), Воронежская область (7,5%), Краснодарский край (7,0%) и др. Среди регионов входящих в Приволжский федеральный округ с средним объемом производства семян подсолнечника свыше 300 тыс. т можно отнести Саратовскую область – 1983,2 тыс. т (12,5% от общего объема производства в РФ в среднем за 2020 – 2024 гг.) – занимает 1 место среди субъектов РФ, Оренбургскую область – 1324,8 тыс. т (8,3%), Самарскую область – 1032,3 тыс. т (6,5%), Пензенскую область – 541,2 тыс. т (3,4%), и Республику Башкортостан – 408,6 тыс. т (2,6%), которая занимает 14 место среди 49 регионов возделывающих семена подсолнечника в Российской Федерации.

Наибольший физический объем производства отмечен в Оренбургской области (+997,2 тыс. т), Алтайском крае (+626,6 тыс. т), Волгоградской области (+345,7,5 тыс. т), Самарской области (+322,7 тыс. т). В Республике Башкортостан за анализируемый период производство подсолнечника выросло на 223,6 тыс. т.

При этом во многих регионах-лидерах наблюдаются высокие темпы роста производства подсолнечника, что значительно усиливает конкуренцию. Лидерами по темпу роста объемов производства подсолнечника в 2020 – 2024 гг. стали Волгоградская область (210,0%), Тамбовская область (194,7%), Ульяновская область (171,5%), Курская область (143,4%) и др. По Республике Башкортостан происходит снижение темпа объемов производства подсолнечника на 24,2%.

Табл. 1

Валовой сбор семян подсолнечника (в весе после доработки) (в хозяйствах всех категорий; тыс. т)

Место среди субъектов	Регион	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	В среднем за 2020 - 2024 гг.	2024 г. в % к 2020 г.	Удельный вес, %
	Российская Федерация	13311,1	15653,9	16352,9	17240,1	16886,8	15899,8	126,9	100,0
1	Саратовская область*	1749,0	1797,5	2216,8	2104,4	2048,1	1983,2	117,1	12,5
2	Ростовская область	1414,9	1920,1	1844,5	2323,8	1571,6	1815,0	111,1	11,4
3	Оренбургская область*	906,6	991,8	1386,6	1435,2	1903,8	1324,8	210,0	8,3
4	Волгоградская область	1063,9	1310,1	1225,9	1372,9	1409,6	1276,5	132,5	8,0
5	Воронежская область	1051,1	1245,7	1231,9	1261,7	1190,3	1196,1	113,2	7,5
6	Краснодарский край	921,8	1068,7	1303,1	1320,5	931,6	1109,1	101,1	7,0
7	Самарская область*	895,1	997,2	1005,3	1046,1	1217,8	1032,3	136,1	6,5
8	Алтайский край	661,4	922,1	899,4	925,2	1288,1	939,2	194,7	5,9
9	Тамбовская область	870,4	1007,1	823,0	861,7	845,9	881,6	97,2	5,5
10	Пензенская область*	510,9	574,2	455,1	578,8	587,3	541,2	114,9	3,4
11	Ставропольский край	337,7	540,9	540,1	567,4	366,5	470,5	108,5	3,0
12	Белгородская область	462,4	488,6	479,5	522,1	383,7	467,3	83,0	2,9
13	Липецкая область	549,7	492,2	437,2	426,1	416,8	464,4	75,8	2,9
14	**Республика Башкортостан***	**312,8**	**314,1**	**448,7**	**431,1**	**536,4**	**408,6**	**171,5**	**2,6**
15	Ульяновская область*	282,5	375,4	381,4	358,4	405,0	360,5	143,4	2,3
16	Курская область	371,2	369,0	355,1	325,8	249,8	334,2	67,3	2,1

* Регионы Приволжского федерального округа

Интерес представляет анализ того, какие сценарии развития – экстенсивный, интенсивный, экстенсивно-интенсивный или инерционный – позволили регионам-лидерам достичь целевых показателей по производству семян подсолнечника (таблица 2).

Табл. 2

Сценарное развитие регионов-лидеров РФ ипо производству семян подсолнечника

Регион	Посевные площади семян подсолнечника, тыс. га			Урожайность семян подсолнечника, ц/га		
	2020 г.	2024 г.	2024 г. в % к 2020 г.	2020 г.	2024 г.	2024 г. в % к 2020 г.
Регионы – лидеры с объемом производства подсолнечника свыше 300 тыс. т						
Экстенсивный						
Ростовская область	760,3	954,9	125,6	18,8	16,7	89,0
Воронежская область	440,9	535,7	121,5	23,9	22,3	93,2
Краснодарский край	465,1	488,8	105,0	19,9	19,3	96,9
Белгородская область	159,3	163,3	102,5	29,3	24,1	82,2
Интенсивный						
Тамбовская область	395,3	363,5	91,9	22,1	23,4	105,7
Экстенсивно-интенсивный						
Волгоградская область	709,0	794,6	112,1	15,3	18,0	117,9
Ставропольский край	280,4	264,8	94,5	12,8	14,4	112,6
Саратовская область*	1440,5	1454,6	101,0	12,3	14,4	116,9
Оренбургская область*	860,3	1193,3	138,7	10,6	16,5	155,8
Самарская область*	687,6	706,9	102,8	13,1	17,1	130,6
Пензенская область*	267,6	293,6	109,7	19,2	20,3	105,7
Республика Башкортостан*	228,1	320,5	140,6	13,9	17,0	122,4
Ульяновская область*	226,7	241,7	106,6	12,8	16,9	132,0
Инерционный						
Липецкая область	215,8	165,2	76,5	25,6	23,9	93,2
Курская область	132,2	110,8	83,8	28,1	24,1	85,9

* Регионы Приволжского федерального округа

Лидерство регионов в производстве семян подсолнечника обеспечено различными способами:

экстенсивным за счет выделения значительных посевных площадей под подсолнечник при низких или средних уровнях урожайности. Ростовская область, Воронежская область, Краснодарский край и Белгородская область – яркие примеры. Площади выросли на 25,6%, 21,5%, 5,0% и 2,5% соответственно, однако урожайность снизилась на 11,0%, 6,8%, 3,1% и 7,8%;

интенсивным за счет обеспечения относительно высокой урожайности подсолнечника при небольших или средних посевных площадях – Тамбовская область, где посевные площади сократились на 8,1%, но урожайность выросла на 5,7%. Это свидетельствует о внедрении передовых агротехнологий и более эффективном использовании ресурсов;

экстенсивно-интенсивным способом, обеспечивая высокую урожайность подсолнечника на значительных посевных площадях. Волгоградская область, Ставропольский край и большинство регионов Приволжского федерального округа с объемом производства подсолнечника свыше 300 тыс. т (Саратовская, Оренбургская, Самарская области, Республика Башкортостан и др.) следуют именно этому сценарию.

Например, в Оренбургской области посевные площади выросли на 38,7%, а урожайность – на 55,8%. В Республике Башкортостан площади увеличились на 40,6%, урожайность – на 22,4%. В Республике Башкортостан средние посевные площади в 2020 – 2024 гг. составили 282,3 тыс. га при урожайности 14,8 ц с 1 га. Для сравнения посевные площади подсолнечника у Саратовской области 1983,2 тыс. га, Ростовской области 1815,0 тыс. га, Волгоградской области 1276,5 тыс. га. У соседнего региона – Оренбургской области – 1324,8 тыс. га. Урожайность подсолнечника в Белгородской области – 27,3 ц с 1 га, Курской области 25,6 ц с 1 га, Воронежской области 24,8 ц с 1 га, Краснодарском крае 23,3 ц с 1 га, Оренбургской области 12,8 ц с 1 га. Такой подход позволяет максимизировать валовой сбор за счёт как экстенсивных, так и интенсивных факторов.

Липецкая и Курская области демонстрируют инерционный сценарий. Площади сократились на 23,5% и 16,2%, а урожайность также показала отрицательную динамику. Это говорит о консервации существующих методов хозяйствования без стремления к модернизации.

Рапс возделывают как высокодоходную масличную и кормовую культуру для производства растительного масла, жмыха, обеспечения экспорта и улучшения структуры почвы. Он служит ценным компонентом питания животных, отличным медоносом и эффективным предшественником для повышения урожайности пшеницы [22, 23].

Регионы–лидеры по производству семян рапса (в весе после доработки): Красноярский край (9,6% от общего объема производства в РФ в среднем за 2020 – 2024 гг.), Алтайский край (7,5%), Кемеровская область (6,0%), Орловская область (5,7%), Краснодарский край (5,5%), Тульская область (5,4%), Брянская область (5,3%), Новосибирская область (5,1%), и др. Среди регионов, входящих в Приволжский федеральный округ с средним объемом производства семян рапса свыше 150 тыс. т можно отнести Республику Татарстан – 171,6 тыс. т (4,6% от общего объема производства в РФ в среднем за 2020 – 2024 гг.) – занимает 9 место среди субъектов РФ. Республика Башкортостан занимает 19 место среди 65 регионов, возделывающих семена рапса в стране – 45,9 тыс. т (1,2%).

Наибольший физический объем производства отмечен в Орловской области (+225,2 тыс. т), Брянской области (+194,5 тыс. т), Алтайском крае (+164,0 тыс. т), Новосибирской области (+141,4 тыс. т) и др. В Республике Башкортостан за анализируемый период производство семян рапса выросло на 54,8 тыс. т.

Лидерами по темпу роста объемов производства семян рапса в 2020 – 2024 гг. стали Орловская область (323,6%), Брянская область (319,8%), Новосибирская область (214,5%), Краснодарский край (203,8%) и др. По Республике Башкортостан происходит также рост темпа объемов производства на 258%.

Подводя итог анализу регионов-лидеров Российской Федерации по стратегическим направлениям развития отрасли растениеводства сгруппированные по четырём типам сельскохозяйственного развития: экстенсивный, интенсивный, экстенсивно-интенсивный и инерционный, можно отметить регионы, которые производят определённые культуры в объёмах выше установленных порогов (например, более 300 тыс. т подсолнечник и соя, более 150 тыс. т рапс.) (рис. 1).

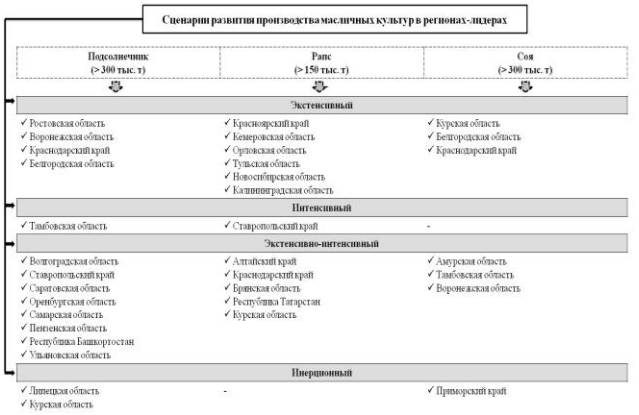


Рис. 1. Сценарии развития производства масличных культур в регионах-лидерах

Результаты исследования подтверждают, что достижение целевых показателей по производству масличных культур в регионах-лидерах РФ возможно при реализации различных сценариев развития: экстенсивного, интенсивного, экстенсивно-интенсивного и инерционного. Анализ показал, что наиболее устойчивый рост наблюдается в регионах, сочетающих расширение посевных площадей с внедрением современных агротехнологий, что соответствует экстенсивно-интенсивному сценарию. Это позволяет не только увеличить валовой сбор, но и повысить качество продукции. Ограничения исследования связаны с использованием официальной статистики, которая может не учитывать все факторы, влияющие на урожайность и производство масличных культур. Таким образом сценарный подход в экономическом анализе развития производства масличных культур позволяет структурировать сельскохозяйственные регионы для разработки соответствующих стратегий, распределения ресурсов государственной поддержки предприятий и организаций, что является заделом для дальнейших исследований авторов данной статьи.

Выводы

Таким образом, лидерство регионов в производстве масличных культур достигается:

масштабами посевных площадей, отведёнными под выращивание масличных культур, преимущественно подсолнечника;

увеличением урожайности масличных культур за счёт применения технологии гибридного семеноводства с учётом особенностей сортов;

внедрением высокопродуктивных районированных сортов интенсивного типа с доведением доли элитных посевов до 10 – 12%;

подбором оптимального состава машинно-тракторного парка и повышением эффективности его эксплуатации;

высоким профессионализмом персонала и точным выполнением всех технологических требований и др.

Все вышеперечисленное становится ключевыми критериями для эффективного перераспределения государственной поддержки отрасли в передовых регионах Российской Федерации.

Литература

1. *Стовба Е.В., Лукьянова М.Т.* Стратегический анализ и оценка экспортного потенциала продукции регионального АПК на основе использования форсайт-технологий // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 9(212). – С. 93-102. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102. – EDN VXRAET
2. *Дубовицкий А.А. Климентова Э.А., Фецкович И.В.* Тенденции и факторы развития производства масличных культур в России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4(75). – С. 229-234.
3. *Шейхова М.С., Сафонова С.Г.* Динамика и структура рынка масличных культур в России // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10, № 1. – С. 33-48. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_1_3.
4. *Лукомец, А.В.* Оценка текущего состояния отечественного рынка семян масличных культур // АгроФорум. – 2023. – № 3. – С. 60-61. – EDN UXAXKE.
5. *Ободец Р.В., Ободец Я.В.* Государственное регулирование в организационно-экономическом механизме развития сферы торговли // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2026. – № 2(188). – С. 154-158. – DOI 10.34773/EU.2026.2.27. – EDN KACNBV.
6. *Иолтуховская Г.В., Корпукова Г.А.* Тенденции развития масличного производства в Липецкой области // Вопросы отраслевой экономики. – 2023. – № 3(3). – С. 74-81. – DOI 10.24888/2949-2793-2023-3-74-81.
7. *Гайнутдинов И.Г., Семерханов Р.Р.* Эффективность производства масличных культур в Республике Татарстан // Вектор экономики. – 2025. – № 1(103). – EDN XVBILE.
8. *Шевчук В.Е.* Оценка экономической эффективности производства семян масличных культур в Алтайском крае методом факторного анализа // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2026. – № 1. – С. 25-28. – EDN SAIMML
9. *Сидоров Е.А., Сидорова Л.И., Маслов А.М., Калинин Н.С.* Масличные культуры как ресурсная база для производства биотоплива // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 11(293). – С. 30-32. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-11-30-32.
10. *Гончаров В.Д. Котеев С.В., Рау В.В.* Экспорт растительного масла - драйвер экономики АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – № 8. – С. 40-44. – DOI 10.31442/0235-2494-2021-0-8-40-44.
11. *Сухочева Н.А.* Динамичное ценообразование и ее влияние на эффективность производства масличных культур // Вестник аграрной науки. – 2024. – № 4(109). – С. 131-136. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2024.4.131. – EDN AVFVVQ.
12. *Тугачева Л.В., Борода О.В.* Экономическая эффективность производства масличных культур и масложирового производства // Экономические науки. – 2023. – № 220. – С. 147-154. – DOI 10.14451/1.220.147.
13. *Чорномур А.А.* Экономическая эффективность вертикального земледелия: сравнительный анализ рентабельности высокомаржинальных культур // Экономика строительства. – 2025. – № 10. – С. 304-307. – EDN KFAYIJ.
14. *Сидоренко О.В., Шабанникова Н.Н., Сергеева С.А., Михайлова Ю.Л.* Эффективность использования трудового и производственного потенциалов при выращивании зерновых и масличных культур // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1(100). – С. 145-153. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.6.145. – EDN FSWTVY.
15. *Ситникова И.А.* Оценка эффективности производства масличных культур в Орловской области // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1(100). – С. 161-167. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.1.161. – EDN QCSECA.
16. *Гуляева Т.И., Сидоренко О.В.* Повышение производительности труда как фактор роста производства масличных культур и его эффективности // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 6(105). – С. 104-111. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.6.104. – EDN IZEYRD.
17. *Зенов М.Н.* Роль кадрового потенциала в повышении эффективности реализации товарного зерна масличных культур // Научный журнал молодых ученых. – 2024. – № 2(37). – С. 94-99. – EDN CWKDFC.
18. *Векленко В.И., Малахов А.В., Шуклина А.С.* Сравнительный уровень и прогноз объемов и эффективности использования минеральных удобрений при производстве различных видов масличных культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 7. – С. 217-224. – EDN VPSSSB.
19. *Козлова А.В., Аканова Н.И., Кутырева Д.Е., Серегина И.И.* Эффективность магниевых удобрений в повышении продуктивности и качества масличных культур // Плодородие. – 2025. – № 2(143). – С. 26-30. – DOI 10.25680/S19948603.2025.143.06. – EDN FFKBFH.
20. *Малютина С.А.* Рентабельность производства подсолнечника и пути ее повышения // Вестник науки. – 2025. – Т. 3, № 4(85). – С. 116-122. – EDN CPBMCL.
21. *Ободец Р.В., Ободец Я.В.* Классификация и оценка институциональных факторов развития экономики региона // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 127-138. – DOI 10.21869/2223-1552-2025-15-2-127-138.
22. *Савенков В.П.* Урожайность и экономическая эффективность возделывания сои и ярового рапса в севообороте при изменении основной обработки почвы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2026. – № 1(57). – С. 55-63. – DOI 10.24412/2309-348X-2026-1-55-63. – EDN CMGIUH.

23. *Стовба Е.В., Лукьянова М.Т.* Стратегический анализ и оценка экспортного потенциала продукции регионального АПК на основе использования форсайт-технологий // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 9(212). – С. 93-102. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102.
24. *Баматов И.М., Огурцова А.С.* Энергетическая и экономическая эффективность возделывания сои // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2026. – № 1(67). – С. 20-24. – DOI 10.32935/2221-7312-2026-67-1-20-24. – EDN GWIPRO.
25. *Полухи, А.А., Зубарева К.Ю.* Развитие органического земледелия в Российской Федерации и рентабельность производства органической сои // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 6. – С. 44-49. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_6_44. – EDN WHFPLK.

Regional differentiation of economic growth scenarios in oilseed production in the Russian Federation

Obodets R.V., Milyausha T.L.
Bashkir State Agrarian University; Professor of the Department of Economics and Management, Bashkir Academy of Public Service and Management under the Head of the Republic of Bashkortostan

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Stable and sustainable oilseed production is ensured by a combination of factors, including strategic development mechanisms and tools, government support, consistency and flexibility of measures, and consideration of the specific characteristics of various regions. Russia has seen steady growth in oilseed production, driven by the country's leading agricultural regions. Sunflower, rapeseed, and soybeans account for the largest volumes. Among the regions, those with traditionally developed agriculture and actively implementing modern technologies stand out. These regions are not only increasing their harvests but also increasing the export of oilseed products, strengthening Russia's position in the global market. It is concluded that achieving target indicators for oilseed production in leading regions of the Russian Federation is possible through the implementation of various development scenarios. The analysis showed that the most sustainable growth is observed in regions with an extensive-intensive scenario, which allows not only for an increase in gross harvest but also for improvements in product quality.

Keywords: analysis, gross harvest, volume, sown area, indicator, production, region, leader, oilseeds, yield.

References

1. Stovba E.V., Lukyanova M.T. Strategic analysis and assessment of the export potential of regional agricultural products based on the use of foresight technologies // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2021. – № 9(212). – Pp. 93-102. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102. – EDN VXRAET
2. Dubovitsky A.A. Klimentova E.A., Fet'kovich I.V. Trends and factors in the development of oilseed production in Russia // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2023. – № 4(75). – Pp. 229-234.
3. Sheikhova M.S., Safonova S.G. Dynamics and structure of the oilseed market in Russia // Moscow Economic Journal. – 2025. – Vol. 10, No. 1. – pp. 33-48. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_1_3.
4. Lukomets, A.V. Assessment of the current state of the domestic market of oilseeds // AgroForum. – 2023. – No. 3. – pp. 60-61. – EDN UXAXKE.
5. Obodets R.V., Obodets Ya.V. State regulation in the organizational and economic mechanism of trade development // Economics and Management: a scientific and practical journal. – 2026. – № 2(188). – Pp. 154-158. – DOI 10.34773/EU.2026.2.27. – EDN KACNBV.
6. Yoltukhovskaya G.V., Korpukova G.A. Trends in the development of oilseed production in the Lipetsk region // Questions of sectoral economics. – 2023. – № 3(3). – Pp. 74-81. – DOI 10.24888/2949-2793-2023-3-74-81.
7. Gainutdinov I.G., Semerkhanov R.R. The efficiency of oilseed production in the Republic of Tatarstan // Vector of Economics. – 2025. – № 1(103). – EDN XVBILE.
8. Shevchuk V.E. Assessment of the economic efficiency of the production of oilseeds in the Altai Territory by the method of factor analysis // Bulletin of Youth Science of Altai State Agrarian University. – 2026. – No. 1. – pp. 25-28. – EDN SAIMML
9. Sidorov E.A., Sidorova L.I., Maslov A.M., Kalinin N.S. Oilseed crops as a resource base for biofuel production // Machinery and equipment for the village. – 2021. – № 11(293). – Pp. 30-32. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-11-30-32.
10. Goncharov V.D. Koteev S.V., Rau V.V. Export of vegetable oil as a driver of the agro-industrial complex economy // Economics of agricultural and processing enterprises. – 2021. – No. 8. – pp. 40-44. – DOI 10.31442/0235-2494-2021-0-8-40-44.
11. Sukhocheva N.A. Dynamic pricing and its impact on the efficiency of oilseed production // Bulletin of Agrarian Science. – 2024. – № 4(109). – Pp. 131-136. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2024.4.131. – EDN AVFVVQ.
12. Tugacheva L.V., Boroda O.V. Economic efficiency of oilseeds and fat and oil production // Economic sciences. – 2023. – No. 220. – pp. 147-154. – DOI 10.14451/1.220.147.
13. Chornomur A.A. Economic efficiency of vertical agriculture: a comparative analysis of profitability of high-margin crops // Economics of construction. – 2025. – No. 10. – pp. 304-307. – EDN KFAYIJ.
14. Sidorenko O.V., Shabannikova N.N., Sergeeva S.A., Mikhailova Yu.L. Efficiency of using labor and production potentials in the cultivation of cereals and oilseeds // Bulletin of Agrarian Science. – 2023. – № 1(100). – Pp. 145-153. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.6.145. – EDN FSWTVY.
15. Sitnikova I.A. Evaluation of the efficiency of oilseed production in the Orel region // Bulletin of Agrarian Science. – 2023. – № 1(100). – Pp. 161-167. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.1.161. – EDN QCSECA.
16. Gulyaeva T.I., Sidorenko O.V. Increasing labor productivity as a factor in the growth of oilseed production and its effectiveness // Bulletin of Agrarian Science. – 2023. – № 6(105). – Pp. 104-111. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.6.104. – EDN IZEYRD.
17. Zenov M.N. The role of human resources in improving the efficiency of the sale of commercial grain of oilseeds // Scientific Journal of young Scientists. – 2024. – № 2(37). – Pp. 94-99. – EDN CWKDFC.
18. Veklenko V.I., Malakhov A.V., Shuklina A.S. Comparative level and forecast of the volume and effectiveness of the use of mineral fertilizers in the production of various types of oilseeds // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2025. – № 7. – pp. 217-224. – EDN VPSSSB.
19. Kozlova A.V., Akanova N.I., Kutyreva D.E., Seregina I.I. The effectiveness of magnesium fertilizers in increasing productivity and quality of oilseeds. – 2025. – № 2(143). – Pp. 26-30. – DOI 10.25680/S19948603.2025.143.06. – EDN FFKBFH.
20. Malyutina S.A. Profitability of sunflower production and ways to increase it // Bulletin of Science. – 2025. – Vol. 3, No. 4(85). – pp. 116-122. – EDN CPBMCL.
21. Obodets R.V., Obodets Ya.V. Classification and assessment of institutional factors of regional economic development // Proceedings of the Southwestern State University. Series: Economics. Sociology. Management. – 2025. – Vol. 15, No. 2. – pp. 127-138. – DOI 10.21869/2223-1552-2025-15-2-127-138.
22. Savenkov V.P. Productivity and economic efficiency of soybean and spring rapeseed cultivation in crop rotation with a change in basic tillage // Leguminous and cereal crops. – 2026. – № 1(57). – Pp. 55-63. – DOI 10.24412/2309-348X-2026-1-55-63. – EDN CMGIUH.
23. Stovba E.V., Lukyanova M.T. Strategic analysis and assessment of the export potential of regional agricultural products based on the use of foresight technologies // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2021. – № 9(212). – Pp. 93-102. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102.
24. Bamatov I.M., Ogurtsova A.S. Energy and economic efficiency of soybean cultivation // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2026. – № 1(67). – Pp. 20-24. – DOI 10.32935/2221-7312-2026-67-1-20-24. – EDN GWIPRO.
25. Polukhi, A.A., Zubareva K.Y. Development of organic farming in the Russian Federation and profitability of organic soybean production // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. – 2023. – Vol. 37, No. 6. – pp. 44-49. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_6_44. – EDN WHFPLK.

Интеграция принципов бережливого производства в систему регионального стратегического планирования как фактор повышения эффективности использования ресурсного потенциала территории

Скряпкин Сергей Александрович
магистрант, Технологическое брокерство, СПБПУ имени Петра Великого, rojelect4@gmail.com,

Лямин Борис Михайлович
к.э.н., доцент Высшей школы сервиса и торговли, СПБПУ имени Петра Великого, lyamin_bm@spbstu.ru

Предметом исследования выступает интеграция принципов бережливого производства в процессы регионального стратегического планирования, ориентированная на повышение эффективности использования ресурсного потенциала территории. Актуальность темы определяется потребностью регионального управления в согласовании стратегических целей с ресурсными ограничениями, процессной организацией деятельности органов власти, критериями общественной ценности. Цель исследования состоит в разработке концептуальной схемы включения принципов бережливого управления в цикл регионального стратегического планирования. Методическую основу составили анализ научных публикаций, сравнительный, классификационный, логико-аналитический методы, обобщение, синтез. Источниковую базу образовали русскоязычные исследования 2022–2025 гг., посвященные эволюции бережливого управления, его применению в региональных органах власти, процессной организации публичного управления, цифровизации стратегирования, оценке ресурсного потенциала территории. Научная новизна состоит в систематизации точек интеграции бережливых принципов в этапы стратегического цикла, классификации возникающих на региональном уровне ресурсных потерь, формировании механизма их последовательного выявления, устранения, предупреждения. Практическая полезность результатов связана с возможностью их применения при разработке региональных стратегий, государственных программ, портфелей проектов, систем мониторинга.

Ключевые слова: бережливое управление, региональное стратегическое планирование, ресурсный потенциал территории, процессный подход, клиентоцентричность, ресурсные потери, цифровизация управления, общественная ценность, непрерывное совершенствование, региональное управление.

Введение

Региональное стратегическое планирование связывает цели социально-экономического развития территории с распределением доступных, потенциальных ресурсов на длительном временном горизонте. Результативность такого распределения зависит от качества процессов, через которые стратегические решения преобразуются в государственные программы, проекты, услуги, инфраструктурные мероприятия. Возникающие между целеполаганием, ресурсным обеспечением, исполнением разрывы увеличивают продолжительность управленческого цикла, создают дублирующие операции, усложняют межведомственное взаимодействие, ограничивают возможность перераспределения ресурсов в пользу процессов, формирующих общественную ценность. Принципы бережливого производства создают методическую основу для рассмотрения этих явлений через поток создания ценности, потери, стандартизацию процессов, вовлечение участников, непрерывное совершенствование.

Перенос бережливых принципов на уровень территории требует согласования двух управленческих масштабов. Процессный масштаб охватывает отдельную государственную услугу, административный процесс, информационный поток, логистическую цепочку. Стратегический масштаб охватывает систему целей региона, территориальные ресурсы, совокупность программ, проектов, межведомственных связей. Интеграция этих масштабов формирует возможность связывать локальное улучшение процесса с изменением расхода ресурсов, качества результата, времени достижения стратегической цели.

Цель исследования состоит в обосновании механизма интеграции принципов бережливого производства в систему регионального стратегического планирования для повышения эффективности использования ресурсного потенциала территории. Первая задача заключается в систематизации подходов к распространению бережливого управления на сферу публичной власти, выявлении принципов, значимых для регионального стратегирования. Вторая задача состоит в определении точек включения бережливых принципов в стратегический цикл, классификации связанных с ним ресурсных потерь. Третья задача охватывает формирование интеграционного механизма, связывающего диагностику ресурсного потенциала, оптимизацию процессов, выбор проектов, цифровой мониторинг, закрепление достигнутых изменений.

Научная новизна представлена моделью, в которой бережливое управление включается непосредственно в последовательность стратегического анализа, целеполагания, программирования, реализации, мониторинга. Эффективность использования ресурсного потенциала рассматривается через связь между общественной ценностью результата, объемом вовлеченных ресурсов, параметрами управленческого процесса. Такой подход расширяет область применения бережливых принципов от оптимизации отдельных операций органов власти к управлению совокупностью процессов, обеспечивающих реализацию региональной стратегии.

Материалы и методы

Материальную основу исследования составили современные публикации по бережливому, региональному, стратегическому управлению. О.Ю. Гусельникова [1] проследила эволюцию бережливой концепции от производственной системы к применению в сфере услуг, публичного управления, сформулировала содержание категории «бережливое государство». Н.И. Ершова [2] исследовала практику внедрения бережливого управления в исполнительных органах Забайкальского края через проектные команды, обучение, выбор процессов для оптимизации. С.К. Лунева, Л.К. Исмагилова [3] рассмотрели применение бережливой системы к государственным услугам на примере оптимизации обработки обращений, объединения информационных потоков, оценки эффекта процессных изменений. В.Ю. Маслихина [4] обосновала взаимодополняемость клиентоцентричного, процессного подходов в публичной власти, связала оптимизацию процессов с моделированием, бережливыми технологиями, развитием компетенций служащих. А.С. Новоселов, А.В. Фалеев [5] исследовали региональное стратегирование в условиях цифровизации государственного управления, включая влияние цифровой трансформации на информационное обеспечение стратегических решений. Т.А. Оруч [6] раскрыла место регионального стратегического планирования в государственном управлении, связав планирование с достижением целей территории, использованием имеющихся, потенциальных ресурсов, анализом, реализацией, оценкой программ. Е.С. Серба [7] применила принципы бережливого управления к северному завозу, рассмотрев потоки поставок, запасы, маршрутизацию, цифровой мониторинг как элементы ресурсной оптимизации территориальной логистической системы. Р.С. Умалатов [8] проанализировал особенности внедрения бережливого управления в региональных органах власти в условиях трансформации управленческой среды, обозначив

связь процессных улучшений с результативностью регионального управления. В другой работе Р.С. Умалатов [9] систематизировал принципы бережливого управления в системе региональной власти, включая ориентацию на потребителя, процессный подход, вовлечение, обучение, целеполагание, стандартизацию, решения на основе фактических данных. К.В. Харченко [10] раскрыл значение природно-ресурсного потенциала в стратегическом планировании территории через его связь с человеческими, социальными ресурсами, пространственной спецификой, субъективным восприятием качества территориальной среды.

Методы исследования включали содержательный анализ публикаций для выделения устойчивых элементов бережливого, стратегического подходов, сравнительный анализ для установления областей их методического пересечения, классификацию для группировки ресурсных потерь, логико-аналитический анализ для определения связей между этапами стратегического цикла, ресурсами, процессами, результатами. Обобщение, синтез использовались при формировании последовательного механизма интеграции бережливых принципов в региональное стратегическое планирование.

Результаты

Расширение области применения бережливого производства сформировало управленческую концепцию, применимую к процессам создания ценности за пределами промышленной организации. В публичном секторе объектом оптимизации становится последовательность действий, через которую органы власти формируют услугу, управленческое решение, инфраструктурный либо социально-экономический результат. О.Ю. Гусельникова связывает эволюцию Lean с переходом от производственной сферы к услугам, публичному управлению [1], Р.С. Умалатов рассматривает бережливое управление в системе региональной власти через рациональное использование ограниченных ресурсов, процессную организацию, вовлечение сотрудников, постоянное совершенствование [9]. Эти положения образуют основание для переноса бережливых принципов на уровень стратегирования, где поток создания ценности охватывает путь от выявленной территориальной потребности до результата реализации стратегии.

Региональное стратегическое планирование образует цикл, внутри которого ресурсный потенциал последовательно получает аналитическую оценку, целевое назначение, программное закрепление, проектную форму реализации, систему контроля. Т.А. Оруч определяет стратегическое планирование как инструмент достижения целей территории при полном использовании имеющихся, потенциальных ресурсов, связывая его с анализом текущего положения, формированием программных решений, последующей оценкой исполнения [6]. Включение бережливого подхода в эту последовательность переводит управление ресурсами из преимущественно объемной логики в процессную. Единицей анализа становится связь «ресурс – операция – результат – ценность», благодаря которой расход материальных, трудовых, временных, информационных ресурсов соотносится с конкретным вкладом операции в достижение стратегического результата.

На этапе стратегического анализа бережливый подход предполагает одновременную диагностику ресурсной обеспеченности территории, процессов использования ресурсов. Первый компонент фиксирует доступные, потенциальные ресурсы, второй компонент устанавливает последовательность их вовлечения, продолжительность операций, точки ожидания, повторные согласования, разрывы информационных потоков, избыточные запасы, маршруты перемещения. Такая аналитическая конструкция соединяет содержание стратегического планирования, представленное Т.А. Оруч [6], с процессной логикой бережливого управления, раскрытой О.Ю. Гусельниковой [1], В.Ю. Маслихиной [4], Р.С. Умалатовым [9]. Потенциал территории в этом случае характеризуется объемом ресурсов, качеством механизмов их преобразования в социально-экономический результат.

Сопоставление положений исследованных работ дает основание выделить пять групп потерь, значимых для регионального стратегического планирования. Процессные потери возникают в последовательностях административных, проектных операций через ожидание, лишние согласования, возвраты, повторную обработку информации. Координационные потери связаны с рассогласованием действий участников межведомственного процесса, распределением ответственности между отдельными функциональными контурами. Информационные потери формируются при фрагментации данных, повторном вводе сведений, временном разрыве между изменением объекта управления, поступлением информации для принятия решения. Потери ресурсных потоков проявляются в избыточных запасах, нерациональных перемещениях, недостаточно согласованной загрузке инфраструктуры. Ценностные потери характеризуют использование ресурсов в операциях, вклад которых в достижение стратегической цели либо удовлетворение общественной потребности остается ограниченным. Такая классификация объединяет базовую логику устранения потерь в Lean [1], процессный подход публичного управления [4], организацию стратегического цикла [6], принципы регионального бережливого управления [9].

Категория ценности приобретает на уровне территории более широкое содержание по сравнению с отдельной организацией. Клиентоцентричный подход связывает процесс государственного управления с потребностями получателя публичной услуги, процессный подход обеспечивает описание пути формирования результата [4]. Стратегическое планирование охватывает пространственные, социально-экономические последствия использования ресурсов, поэтому общественная ценность соотносится с качеством территориальной среды, доступностью благ, достижением целей развития. К.В. Харченко показывает, что оценка природно-ресурсного потенциала связана с человеческими, социальными ресурсами, пространственными особенностями, субъективными смыслами, которые население связывает с ресурсами территории [10]. Интеграция этих положений задает дополнительное условие бережливого стратегирования, ценность определяется применительно к целевой группе, территории, стратегическому результату, после чего анализируются ресурсы, процессы его получения.

Цифровизация создает информаальную инфраструктуру для такого анализа за счет повышения доступности данных о состоянии объекта управления, ходе реализации мероприятий, параметрах процессов. А.С. Новоселов, А.В. Фалеев связывают развитие регионального стратегирования с цифровой трансформацией государственного управления, совершенствованием обработки информации, учетом различий региональных экономик [5]. Практика объединения информационных потоков в бережливом проекте, исследованном С.К. Луневой, Л.К. Исмагиловой [3], показывает возможность рассматривать цифровой контур как средство сокращения повторных операций, ускорения обработки информации, повышения прозрачности процесса. Бережливая интеграция задает цифровизации конкретный объект преобразования в виде предварительно описанного процесса с установленными потерями, владельцем, параметрами текущего, целевого состояния.

Соединение процессного, клиентоцентричного, цифрового, территориально-ресурсного подходов формирует основу стратегической модели управления ресурсами. Процессное описание устанавливает действия, через которые используются ресурсы, клиентоцентричность задает критерий ценности результата [4], цифровое стратегирование обеспечивает информационную поддержку диагностики, мониторинга [5], региональный стратегический цикл связывает выявленные изменения с целями, программными инструментами [6], социопространственная оценка ресурсного потенциала расширяет критерии результата за счет характеристик территории, ее человеческого, социального содержания [10]. Совместное применение этих элементов создает возможность выявлять ресурсные резервы внутри конкретных процессов, затем связывать высвобождаемый ресурс с приоритетами регионального развития.

Практика внедрения Lean в региональной власти подтверждает организационную значимость проектной формы изменений. Н.И. Ершова описывает развитие бережливого управления в исполнительных органах Забайкальского края через проектные команды, обучение участников, отбор процессов, сопровождение бережливых проектов [2]. С.К. Лунева, Л.К. Исмагилова рассматривают последовательность диагностики процесса, построения текущего, целевого состояния, реализации улучшений, закрепления результата [3]. Р.С. Умалатов связывает внедрение бережливого управления в региональной власти с организационными изменениями, совершенствованием процессов [8], в теоретической модели выделяет обучение, вовлечение, целеполагание, стандартизацию, управление на основе фактических данных [9]. Сопоставление этих работ показывает, что включение Lean в региональную стратегию требует устойчивого контура управления улучшениями, который сохраняет связь между отдельным проектом, ответственным органом, стратегическим показателем, используемым ресурсом.

Территориальные ресурсные потоки расширяют объект бережливого управления за границы административных процедур. Е.С. Серба применяет принципы Lean к северному завозу, где ценность связывается со своевременным обеспечением удаленных территорий, а предмет оптимизации охватывает маршруты, запасы, инфраструктурные операции, прогнозирование спроса, информационное сопровождение поставок [7]. Такая постановка демонстрирует возможность переноса бережливой логики на межорганизационный региональный процесс, в котором один стратегический результат зависит от согласованности нескольких участников, инфраструктурных объектов, потоков ресурсов. Для регионального планирования это означает возможность определять бережливый проект по границам сквозного процесса, связанного со стратегической целью, включая совокупность ведомственных участков данного процесса.

Интеграционный механизм формируется как последовательность взаимосвязанных управленческих операций. Исходной операцией выступает стратегическая диагностика ресурсного потенциала с определением целевых групп, территорий, ожидаемой общественной ценности. Затем проводится декомпозиция стратегической цели на процессы, через которые ресурсы преобразуются в требуемый результат, для каждого процесса фиксируются границы, участники, ресурсные входы, информационные потоки, временные параметры, результат. Следующая операция охватывает выявление, классификацию потерь, оценку причин их возникновения. Полученные проблемные зоны переводятся в портфель бережливых проектов, приоритет которых определяется связью со стратегической целью, масштабом вовлеченного ресурса, параметрами процесса, значимостью результата для целевой группы. Реализация проектов сопровождается цифровым мониторингом фактических изменений. Достигнутое целевое состояние закрепляется через стандартизацию процесса, обновление регламентов, показателей, информационных связей, последующий цикл совершенствования опирается на новые фактические

данные. Такая последовательность соединяет методику процессных улучшений [2–4], организационные принципы регионального Lean [8, 9], логику стратегического планирования [5, 6].

Связь бережливого управления с эффективностью использования ресурсного потенциала проявляется через изменение параметров процесса, обеспечивающего стратегический результат. Ресурсная эффективность может фиксироваться расходом времени, трудоемкостью, величиной материальных затрат, использованием инфраструктурной мощности, объемом запасов, количеством повторных операций, продолжительностью согласований. Результативная сторона включает качество публичной услуги, устойчивость ресурсного потока, достижение программного показателя, доступность результата для целевой группы. Работы С.К. Луневой, Л.К. Исмагиловой показывают возможность количественной оценки эффекта оптимизации конкретного государственного процесса [3], исследование Е.С. Сербы раскрывает применение Lean к ресурсно-логистическому потоку регионального значения [7], Т.А. Оруч связывает оценку программ с общей системой стратегического управления территорией [6]. На уровне стратегии эти измерения образуют последовательную цепочку от улучшения процесса к изменению использования ресурса, затем к вкладу в целевой результат.

Устойчивость интеграционного механизма определяется организационной способностью региона воспроизводить цикл улучшений. Проектные команды создают временный контур преобразования конкретного процесса [2], развитие процессных компетенций обеспечивает качество его описания, моделирования [4], вовлечение сотрудников расширяет источник информации о причинах потерь [9]. Стратегический уровень добавляет требования к межведомственной координации, единству данных, сопоставимости показателей, закреплению владельцев сквозных процессов. Бережливое управление приобретает функцию постоянной обратной связи между реализацией стратегии, фактическим состоянием процессов, использованием ресурсов, за счет которой очередной цикл планирования получает информацию о внутренних резервах региональной системы.

Обсуждение

Сопоставление научных подходов выявляет различие масштаба исследуемых управленческих систем. Работы по бережливому государству, региональной власти сосредоточены на принципах Lean, организационных условиях, отдельных процессах органов власти. Исследования стратегического планирования рассматривают цели территории, документы, программы, ресурсное обеспечение, цифровую трансформацию. Объединение этих направлений формирует промежуточный аналитический уровень, представленный сквозными процессами реализации стратегии. Именно такой процесс связывает стратегическую цель с конкретными операциями, ресурсами, ответственными субъектами, получателями результата.

Переход к стратегическому масштабу изменяет содержание категории ценности. В административном процессе ценность может определяться через качество, скорость получения конкретной услуги. Для региональной стратегии результат распределяется между территориями, группами населения, организациями, проявляется на более длительном временном горизонте. Социопространственный подход к ресурсному потенциалу усиливает значение данного различия, поскольку один территориальный ресурс получает разную социальную значимость в зависимости от пространственного контекста, способов использования, интересов целевых групп. Бережливая диагностика региональной стратегии требует предварительного определения того результата, ради которого ресурсы вовлекаются в процесс.

Другим различием выступает трактовка ресурсной эффективности. Практика процессной оптимизации позволяет фиксировать сокращение времени выполнения операций, трудоемкости, числа согласований, расхода отдельных ресурсов. Стратегическое управление требует последующей связи высвобождаемого ресурса с целями развития территории. Экономия внутри процесса образует ресурсный резерв, его стратегическая ценность определяется способом дальнейшего использования. По этой причине система оценки должна соединять показатели процесса с показателями программы, проекта, стратегической цели через прослеживаемую причинную связь.

Цифровая трансформация усиливает возможности такой прослеживаемости благодаря сбору, объединению, обработке данных, значение которых определяется качеством исходной процессной модели. Цифровизация уже сложившейся последовательности операций способна закреплять ее архитектуру, поэтому бережливая диагностика логически предшествует проектированию цифрового контура процесса. После определения ценности, границ процесса, потерь, целевого состояния цифровые инструменты получают конкретную функцию в сборе фактических параметров, маршрутизации информации, мониторинге исполнения.

Региональный масштаб повышает значение межведомственных процессов. Значительная часть стратегических результатов формируется в цепочке действий нескольких органов власти, подведомственных организаций, инфраструктурных операторов. Локальная оптимизация отдельного участка сохраняет возможность переноса ожидания либо дополнительной операции на соседнего участника. Сквозное картирование дает основание оценивать совокупную продолжительность, ресурсную нагрузку, точки передачи ответственности по всему пути формирования результата. Данное положение особенно значимо для инфраструктурных, логистических процессов, где ресурсы перемещаются между территориально распределенными объектами.

Исследовательская лакуна связана с измерением эффекта бережливого управления на уровне региональной стратегии. Рассмотренные публикации содержат развитые подходы к оптимизации отдельных процессов, описанию организационных условий Lean, стратегированию регионального развития, цифровизации, оценке ресурсного потенциала. Методическое соединение локального эффекта бережливого проекта с динамикой стратегических показателей требует дальнейшей разработки. Перспективным направлением выступает создание системы показателей, прослеживающей движение эффекта по цепочке «изменение процесса – изменение использования ресурса – результат проекта или программы – вклад в стратегическую цель».

Ограничение применимости унифицированной модели связано с различиями регионов по структуре экономики, пространственной организации, инфраструктурной обеспеченности, составу ресурсов, институциональной архитектуре. Единым остается принцип построения механизма через ценность, процесс, ресурс, фактический показатель, цикл улучшения. Конкретный набор потерь, критериев приоритизации проектов, параметров эффективности требует привязки к содержанию региональной стратегии. Такая адаптация сохраняет методическое ядро Lean, одновременно учитывает специфику территории.

Заключение

Систематизация научных подходов показала, что принципы бережливого производства получили развитие в концепции бережливого управления публичным сектором через ориентацию на ценность, процессную организацию деятельности, выявление потерь, вовлечение участников, стандартизацию, постоянное совершенствование, использование фактических данных. Для регионального стратегирования эти принципы образуют методическую основу анализа способов преобразования территориальных ресурсов в социально-экономический результат.

Точки интеграции бережливых принципов охватывают стратегический анализ, целеполагание, программирование, проектную реализацию, мониторинг. На этой основе выделены процессные, координационные, информационные потери, потери ресурсных потоков, ценностные потери. Их выявление связывает оценку ресурсного потенциала с исследованием процессов его использования, что переводит управление ресурсами к анализу конкретных операций, затрат, результатов, общественной ценности.

Интеграционный механизм включает диагностику ресурсного потенциала, определение ценности, декомпозицию стратегических целей на сквозные процессы, классификацию потерь, формирование портфеля бережливых проектов, цифровой мониторинг, стандартизацию достигнутого состояния, повторный цикл совершенствования. Эффективность использования ресурсного потенциала территории в такой модели формируется через последовательное улучшение процессов, обеспечивающих реализацию стратегии, высвобождение внутренних ресурсных резервов, их связь с приоритетными результатами регионального развития.

Литература

1. Гусельникова О. Ю. От бережливого производства к бережливому государству: эволюция представлений о бережливом управлении // Инновации и инвестиции. 2022. № 8. С. 25–35.
2. Ершова Н. И. Опыт внедрения принципов бережливого управления в системе исполнительных органов на примере Забайкальского края // Актуальные исследования. 2024. № 32 (214). Ч. II. С. 10–13.
3. Лунева С. К., Исмагилова Л. К. О внедрении системы бережливого управления для повышения качества предоставления государственных услуг // Технико-технологические проблемы сервиса. 2025. № 3 (73). С. 74–82.
4. Маслихина В. Ю. Клиентоцентричный и процессный подходы в деятельности органов публичной власти // Теория и практика общественного развития. 2024. № 6. С. 108–113. DOI 10.24158/tipor.2024.6.14.
5. Новоселов А. С., Фалеев А. В. Региональное стратегическое планирование в условиях цифровизации государственного управления // Региональная экономика. Юг России. 2022. Т. 10. № 1. С. 39–47. DOI 10.15688/re.volsu.2022.1.4.
6. Оруч Т. А. Региональные аспекты планирования в системе государственного стратегического управления // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13. № 2. С. 80–91. DOI 10.18287/2542-0461-2022-13-2-80-91.
7. Серба Е. С. Повышение эффективности северного завоза за счет применения технологий бережливого управления // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2024. № 4 (62). С. 32–36.
8. Умалатов Р. С. Особенности реализации бережливого управления в органах региональной власти в условиях экономики трансформации // Научные исследования и разработки. Экономика. 2023. Т. 11. № 3. С. 35–40. DOI 10.12737/2587-9111-2023-11-3-35-40.
9. Умалатов Р. С. Теоретические аспекты реализации бережливого управления в системе региональной власти // Лидерство и менеджмент. 2023. Т. 10. № 2. С. 673–684. DOI 10.18334/lim.10.2.117760.
10. Харченко К. В. Природно-ресурсный потенциал территории в зеркале субъективных смыслов: социопространственный подход к стратегическому планированию // Россия реформирующаяся: ежегодник. Вып. 20 / отв. ред. М. К. Горшков. М.: Новый Хронограф, 2022. С. 316–335. DOI 10.19181/ezheg.2022.12.

Integrating lean production principles into the regional strategic planning system as a factor for enhancing the efficiency of territorial resource potential utilization

Skryapkin S.A., Lyamin B.M.
SPBPU named after Peter the Great

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The subject of this study is the integration of lean production principles into regional strategic planning processes, aimed at improving the efficiency of utilizing a territory's resource potential. The topic's relevance stems from the need for regional governance to align strategic goals with resource constraints, the process-based organization of government activities, and criteria for public value. The study aims to develop a conceptual framework for incorporating lean management principles into the regional strategic planning cycle. The methodological foundation comprises the analysis of scholarly publications, comparative, classification, and logical-analytical methods, as well as generalization and synthesis. The source base consists of Russian-language studies from 2022–2025 focusing on the evolution of lean management, its application in regional government bodies, the process-based organization of public administration, the digitalization of strategic planning, and the assessment of territorial resource potential. The study's scientific novelty lies in systematizing the points where lean principles integrate into the strategic cycle stages, classifying resource losses occurring at the regional level, and establishing a mechanism for their sequential identification, elimination, and prevention. The practical utility of the results lies in their potential application when developing regional strategies, state programs, project portfolios, and monitoring systems.

Keywords: lean management, regional strategic planning, territorial resource potential, process approach, client-centricity, resource losses, digitalization of governance, public value, continuous improvement, regional governance.

References

1. Guselnikova O. Yu. From Lean Production to Lean Government: The Evolution of Concepts Regarding Lean Management // Innovations and Investments. 2022. No. 8. P. 25–35.
2. Ershova N. I. Experience in Implementing Lean Management Principles within the System of Executive Bodies: The Case of Zabaykalsky Krai // Current Research. 2024. No. 32 (214). Part II. P. 10–13.
3. Luneva S. K., Ismagilova L. K. On the Implementation of a Lean Management System to Improve the Quality of Public Service Delivery // Technical and Technological Problems of Service. 2025. No. 3 (73). P. 74–82.
4. Maslikhina V. Yu. Client-Centric and Process-Based Approaches in the Activities of Public Authorities // Theory and Practice of Social Development. 2024. No. 6. P. 108–113. DOI 10.24158/tipor.2024.6.14.
5. Novoselov A. S., Faleev A. V. Regional Strategic Planning in the Context of Public Administration Digitalization // Regional Economy. South of Russia. 2022. Vol. 10. No. 1. P. 39–47. DOI 10.15688/re.volsu.2022.1.4.
6. Oruch T. A. Regional Aspects of Planning within the State Strategic Management System // Bulletin of Samara University. Economics and Management. 2022. Vol. 13. No. 2. P. 80–91. DOI 10.18287/2542-0461-2022-13-2-80-91.
7. Serba E. S. Improving the efficiency of Northern deliveries through the application of lean management technologies // Theory and Practice of Service: Economics, Social Sphere, Technologies. 2024. No. 4 (62). P. 32–36.
8. Umalatov R. S. Specifics of implementing lean management in regional government bodies amidst an economy in transition // Scientific Research and Development. Economics. 2023. Vol. 11. No. 3. P. 35–40. DOI 10.12737/2587-9111-2023-11-3-35-40.
9. Umalatov R. S. Theoretical aspects of implementing lean management in the regional government system // Leadership and Management. 2023. Vol. 10. No. 2. P. 673–684. DOI 10.18334/lim.10.2.117760.
10. Kharchenko K. V. The natural resource potential of a territory through the lens of subjective meanings: a socio-spatial approach to strategic planning // Russia in Reform: Yearbook. Issue 20 / Ed. by M. K. Gorshkov. Moscow: Novy Khronograf, 2022. P. 316–335. DOI 10.19181/ezheg.2022.12.

Структурная и технологическая трансформация экономики России в условиях современных вызовов

Скурыдин Артём Витальевич
аспирант, НИУ «МЭИ», artemskurydin@yandex.ru,

Мызникова Марина Николаевна
к.э.н., доцент, Финансовый университет при правительстве РФ, НИУ «МЭИ», yarspers@mail.ru

Цель настоящего исследования – выявить основные направления, глубину и результаты структурных преобразований в экономике Российской Федерации в условиях нарастающей неопределенности. Хронологические рамки исследования охватывают период 2011-2025 гг., для исторического контекста в отдельных случая привлекаются данные за 1995, 2000 и 2005 гг. Информационную базу составляют официальные данные Федеральной службы государственной статистики и Федеральной таможенной службы. Методологическая база исследования базируется на принципах системного и структурного анализа. Оценка структурных преобразований производится на основе сопоставления долей секторов в валовой добавленной стоимости и занятости, а также анализа товарной структуры экспорта и импорта страны. По результатам исследования определено, что в настоящее время произошло смещение драйверов роста в обрабатывающие производства, доля которых в ВДС увеличилась на фоне сокращения удельного веса сырьевого сектора и торговли. Обосновано, что для сохранения сформировавшегося вектора структурной и технологической трансформации экономики страны, в рамках государственного планирования и регулирования, необходим механизм, обеспечивающий системную координацию, согласованность и взаимодополняемость экономической политики с денежно-кредитной, бюджетной, налоговой, отраслевой политиками. Полученные результаты могут быть использованы государственными органами при решении задач наращивания производственного и инновационного потенциала, а также при корректировке промышленной политики и разработке мер по укреплению технологического суверенитета.

Ключевые слова: структурные преобразования, экономические сдвиги, импортозамещение, условия неопределенности, технологический суверенитет, инновационный вектор, научно-технологическое развитие.

Введение

Сегодня мировая экономика находится на этапе глубоких изменений. Усиливается геоэкономическая турбулентность, обостряются торговые противоречия, широко применяется протекционизм, распространяется недобросовестная конкуренция. Наряду с этим движется научно-технический прогресс (НТП), преобразовываются промышленные и технологические процессы, а также перестраиваются глобальные логистические цепочки. В этих условиях многокомпонентных шоков национальная экономика сталкивается с новыми вызовами, требующими пересмотра сложившихся моделей развития.

Для экономики России, исторически характеризующейся высокой степенью интеграции в глобальные товарные потоки и значительной зависимостью от экспорта сырьевых ресурсов, вопросы структурной и технологической трансформации приобретают особую значимость. Необходимость преодоления сырьевой модели экономического роста, обеспечения технологического суверенитета и повышения конкурентоспособности обрабатывающих производств становится императивом экономической политики. В этих условиях системный анализ структурных изменений, их направленности, глубины и последствий является не только научной, но и практической задачей, от решения которой зависит формирование вектора экономического развития страны.

Основная часть

Под структурными преобразованиями в экономике понимается перманентное формирование одних экономических кластеров, выбытие других, изменение пропорций между различными отраслями и секторами, перераспределение ресурсов между ними посредством реструктуризации институциональной среды и вызовов НТП [4].

Особое место в исследованиях структурных сдвигов занимает аналитика динамики отраслевой структуры (таблица 1). Динамика размеров долей различных секторов отражает не только конъюнктурные колебания, но и результаты целенаправленной макроэкономической политики, а также реакцию национального хозяйства на внешние шоки.

Таблица 1
*Структура валовой добавленной стоимости по отраслям экономики Российской Федерации в 2011, 2025 гг. **

Валовая добавленная стоимость по отраслям экономики (в ценах 2021 г.; в процентах к итогу)	2011	2025	Прирост за 2011-2025 гг., п.п.
Всего	100	100	-
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	4,1	3,9	-0,2
Добыча полезных ископаемых	14,0	11,6	**-2,4**
Обрабатывающие производства	13,5	15,8	**2,3**
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	3,3	2,6	-0,7
Строительство	5,5	5,4	-0,1
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	15,7	11,6	**-4,1**
Транспорт и связь	9,2	9,4	0,2
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	0,9	1,1	0,2
Деятельность финансовая и страховая	2,9	6,8	**3,8**
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	9,9	9,7	-0,2
Деятельность профессиональная, научная и техническая	3,6	4,1	0,5
Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	1,7	2,2	0,5
Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение	6,8	8,1	**1,3**
Образование	3,6	2,8	-0,8
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	3,6	3,2	-0,4
Предоставление прочих видов услуг	1,2	1,5	0,3
Деятельность домашних хозяйств как работодателей; недифференцированная деятельность частных домашних хозяйств по производству товаров и оказанию услуг для собственного потребления	0,6	0,4	-0,2

*составлено автором по данным Росстат [9]

В промышленном секторе произошёл наиболее значимый структурный сдвиг. Удельный вес обрабатывающих производств увеличился на 2,2 п.п., тогда как доля добычи полезных ископаемых сократилась на 2,4 п.п. В результате преимущество сырьевого сектора, составлявшее в 2011 году 0,5 п.п., к 2025 году сменилось опережением обрабатывающей промышленности на 4,2 п.п. С точки зрения структурной динамики, подобный сдвиг интерпрети-

руется как разворот в сторону несырьевого сектора, согласующийся с контурами политики технологического суверенитета и импортозамещения в условиях санкционного давления.

Сектор услуг претерпел разнонаправленные изменения, самый сильный спад зафиксирован в оптовой и розничной торговле (с 15,7% в 2011 году до 11,6% в 2025 году). Такая динамика обусловлена, в первую очередь, разрывом глобальных цепочек поставок в связи с масштабным вводом санкций по отношению к России (наиболее значимое изменение наблюдается в 2021-2022 гг. с 13,37 % до 11,75% соответственно).

Финансы и страхование выросли с 2,9 % до 6,8 %, что связано с политикой высоких процентных ставок, что в значительно степени влияет на увеличение доходов банков, а также ростом государственных оборонных заказов (8,1% в 2025 году), проходящих через банковскую систему.

Далее обратимся к структуре российской занятости, представленной в таблице 2. За период 2011-2024 гг. структура занятости в России заметно изменилась, вектор сместился в сторону сервисной экономики.

Таблица 2
*Структура российской занятости в 2011, 2024 гг. (100 % = все занятые) **

Виды экономической деятельности (в процентах к итогу)	2011	2024	Прирост за 2011–2024 гг., п.п.
Всего	100	100	-
Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство	7,8	5,8	**-2,0**
Добыча полезных ископаемых	2	1,7	-0,3
Обрабатывающие производства	15,2	14,4	**-0,8**
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	3,3	3,0	-0,3
Строительство	7,2	9,3	**2,1**
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств	15,6	18,4	**2,8**
Гостиницы и рестораны	2	2,9	**0,9**
Транспорт и связь	9,3	10,6	**1,3**
Финансовая деятельность	1,9	1,7	-0,2
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	6,5	9,8	**3,3**
Государственное управление и обеспечение военной безопасности	8,1	4,6	**-3,5**
Образование	9,4	7,3	**-2,1**
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	7,9	6,2	**-1,7**
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	3,9	4,2	0,3

*составлено автором по данным ЕМИСС [3]

Основными драйверами роста занятости стали торговля, операции с недвижимостью, строительство и транспортно-логистическая деятельность.

В обрабатывающей промышленности занятость сокращается (-0,8 п.п.), а добавленная стоимость растёт (+2,2 п.п.), что коррелирует с ростом автоматизации труда, где сектор производит больше стоимости меньшим числом работников. Технологическое обновление (автоматизация, роботизация) высвобождает трудовые ресурсы, которые перетекают в услуги. Торговля сохранила статус крупнейшей сферы занятости и усилила свои позиции с 15,6% до 18,4% (+2,8 п.п.). Самый значительный прирост за рассматриваемый период наблюдается в категории «операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг» с 6,5% до 9,8% (+3,3 п.п.).

Одновременно продолжилось сокращение доли занятых в сельском хозяйстве, государственном секторе, образовании, здравоохранении и отдельных промышленных отраслях, что свидетельствует о перераспределении трудовых ресурсов из традиционных отраслей в сферы, связанные с услугами, инфраструктурой и обслуживанием.

Следующим существенным элементом, характеризующим структурные преобразования экономики, является изменение товарной структуры внешней торговли. Анализ динамики экспорта и импорта Российской Федерации представлен в таблицах 3 и 4.

Таблица 3
*Товарная структура экспорта Российской Федерации, 2011, 2021 гг. (100 % = весь экспорт) **

Виды экспортируемого товара (в процентах к итогу)	2011	2021	Прирост за 2011–2021 гг., п.п.
Экспорт - всего	100	100	-
Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного)	2,6	7,3	4,7
Минеральные продукты	71,1	56,2	-14,9
Продукция химической промышленности, каучук	6,3	7,7	1,4
Кожевенное сырье, пушнина и изделия из них	0,1	0	-0,1
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	2,2	3,4	1,2
Текстиль, текстильные изделия и обувь	0,2	0,4	0,2
Металлы, драгоценные камни и изделия из них	11,4	16,8	5,4
Машины, оборудование и транспортные средства	5	6,6	1,6
Прочие товары	1,1	1,6	0,5

*составлено автором по данным Росстат [8]

Отметим, что с 2022 года в связи с геополитической напряженностью и масштабным вводом западных санкций отсутствует официальная отчетность по товарной структуре экспорта и импорта России. Федеральная таможенная служба (ФТС) временно приостановила публикацию статистики по экспорту и импорту «во избежание некорректных оценок, спекуляций и разночтений» [7]. В настоящее время публикуются данные из выступлений и заявлений различных экспертов, в этой связи мы воздержимся от анализа информации из неофициальных источников.

Анализ товарной структуры экспорта Российской Федерации за 2011–2021 гг. свидетельствует о существенной трансформации экспортной специализации страны. Тем не менее, несмотря на сохранение сырьевой направленности экспорта, произошло заметное снижение зависимости от поставок минеральных ресурсов и увеличение доли продукции с более высокой степенью переработки.

Наибольшие изменения произошли в группе минеральных продуктов, доля которых сократилась с 71,1 до 56,2%, то есть на 14,9 п.п. Несмотря на то, что данная группа традиционно занимает лидирующее положение в структуре российского экспорта, ее удельный вес существенно снизился. В статистике ФТС под минеральными продуктами понимаются как сырьё для химической промышленности и строительства, так и энергоносители. Примечательно, что значительно увеличилась доля металлов, драгоценных камней и изделий из них - с 11,4 до 16,8% (+5,4 п.п.). Динамичный рост продемонстрировала группа продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, доля которой увеличилась почти в три раза - с 2,6 до 7,3% (+4,7 п.п.).

Таблица 4
*Товарная структура импорта Российской Федерации, 2011, 2021 гг. (100 % = весь экспорт) **

Виды импортируемого товара (в процентах к итогу)	2011	2021	Прирост за 2011–2021 гг., п.п.
Импорт - всего	100	100	-
Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного)	13,9	11,6	-2,3
Минеральные продукты	3,2	1,9	-1,3
Продукция химической промышленности, каучук	15,1	18,3	3,2
Кожевенное сырье, пушнина и изделия из них	0,5	0,4	-0,1
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	2,2	1,4	-0,8
Текстиль, текстильные изделия и обувь	5,5	5,8	0,3
Металлы, драгоценные камни и изделия из них	7,5	7,3	-0,2
Машины, оборудование и транспортные средства	48,4	49,3	0,9
Прочие товары	3,7	4	0,3

*составлено автором по данным Росстат [8]

Наибольшую долю в структуре импорта в анализируемом периоде занимали машины, оборудование и транспортные средства. Их удельный вес увеличился с 48,4% в 2011 г. до 49,3% в 2021 г. (+0,9 п.п.), что свидетельствует о сохранении высокой потребности российской экономики в закупках зарубежного технологического оборудования. Наиболее заметный рост продемонстрировала продукция химической промышленности, каучук, доля которой увеличилась с 15,1 до 18,3% (+3,2 п.п.).

Вместе с тем существенно сократилась доля продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, которая уменьшилась с 13,9 до 11,6% (-2,3 п.п.). Данная тенденция свидетельствует об увеличении самообеспеченности страны основными видами продовольствия. Снизилась также доля минеральных продуктов - с 3,2 до 1,9% (-1,3 п.п.), незначительное сокращение произошло в импорте древесины и целлюлозно-бумажных изделий (с 2,2 до 1,4%, -0,8 п.п.) и металлов, драгоценных камней и изделий из них (с 7,5 до 7,3%, -0,2 п.п.) Доля текстиля, текстильных изделий и обуви (+0,3 п.п.), кожевенного сырья, пушнины и изделий из них (-0,1 п.п.), а также по группе прочих товаров (+0,3 п.п.) практически не изменилась.

В целом по результатам анализа в период 2011–2021 гг. товарную структуру импорта Российской Федерации можно охарактеризовать, как относительно стабильную. Ключевой особенностью остается доминирование импорта машин, оборудования и транспортных средств, на которые приходится почти половина всех импортных поставок. При этом в экспортной структуре Российской Федерации отмечается тенденция к ее диверсификации. Несмотря на сохранение доминирующей роли минеральных продуктов, их удельный вес существенно сократился, тогда как увеличилась доля продовольственных товаров, металлургической, химической продукции и машиностроения.

Однако, результаты анализа долгосрочной динамики (рисунок 1) свидетельствуют, что структурные изменения не привели к качественной трансформации специализации во внешней торговле. Так, если в 1995 г. доля минеральных продуктов в структуре экспорта составляла 42,5%, то к 2021 г. она достигла 56,2%. При этом доля машин, оборудования и транспортных средств снизилась с 10,2% в 1995 г. до 6,6% в 2021 г., что указывает на ослаб-

ление позиций отечественного машиностроения на мировых рынках и снижение конкурентоспособности отраслей, производящих технически сложную и высокотехнологичную продукцию.

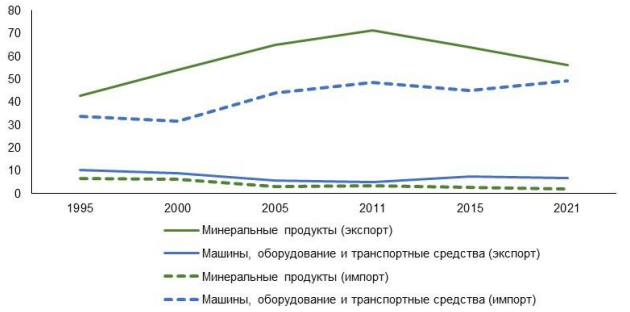


*Рисунок 1 – Динамика доли минеральных продуктов и машин, оборудования и транспортных средств в структуре экспорта и импорта России**

*составлено автором по данным Росстат [8]

В 1995 г. доля машин, оборудования и транспортных средств в структуре импорта составляла 33,6%, то к 2021 г. она достигла 49,3%, увеличившись почти в 1,5 раза. В этой связи возникает вопрос о результативности реализуемой политики импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности. Как следует из графика, машиностроение России пошло не по пути анонсированного властью импортозамещения [5], а, наоборот, по пути все большего замещения отечественного оборудования на импортное. Подобная динамика свидетельствует о том, что, несмотря на реализацию мер государственной поддержки отечественной промышленности, зависимость российской экономики от импорта технологически сложной продукции сохраняется на высоком уровне. Следовательно, в современных условиях приоритетом государственной промышленной и инновационной политики должно стать развитие собственного обрабатывающего комплекса, расширение производства высокотехнологичной продукции и ускорения процессов технологического суверенитета.

Обсуждение результатов

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что к 2025 году произошло смещение акцентов роста в обрабатывающие производства, доля которых в ВДС увеличилась на фоне сокращения удельного веса сырьевого сектора и торговли. Кроме того, темпы роста обрабатывающего сектора значительно превысили средние по экономике, что однозначно идентифицирует его в качестве основного драйвера развития [1]. Тем не менее, очевидно, что на стыке 2000-х годов обрабатывающий сектор занимал более значимые позиции в структуре экономики (в 2005 году, согласно данным в текущих ценах, доля обрабатывающих производств в ВДС составляла 18,5%). Данная тенденция обусловлена затяжной деиндустриализацией в результате приоритизации экспортно-сырьевой политики в экономике страны. Наблюдаемый рост к 2025 году свидетельствует о частичном восстановлении производственного потенциала после глубокого спада и может рассматриваться как один из признаков перехода к реиндустриализации экономики. Поэтому в текущих условиях важно не только сохранить сформировавшийся вектор трансформации, но и усилить факторы, определяющие его положительную динамику.

Сложившаяся сырьевая специализация закрепляет модель воспроизводящегося обмена невосполнимых природных ресурсов на импортируемые готовые изделия обработанного передела. Такая структура внешнеэкономических связей переносит формирование высокой добавленной стоимости за пределы экономики страны, тем самым подрывая государственный производственный и технологический суверенитет. Кроме того, данная модель обуславливает зависимость темпов экономического роста от конъюнктуры мировых цен на энергоносители и курса валют.

Дополнительным ограничением развития обрабатывающих производств выступает стоимость финансовых ресурсов. Цены на отечественную продукцию остаются неконкурентоспособными, вследствие несопоставимых по размерам процентных платежей по всем видам кредитов, прямо или косвенно связанных, с производством продукции и сырья для нее, а также с функционированием материальных, энергетических, транспортных систем, обеспечивающих производство. Данный фактор приобретает особое значение для предприятий, осуществляющих технологическое перевооружение, внедрение новых производственных технологий и разработку инновационной продукции, поскольку требует значительных первоначальных инвестиций при относительно продолжительном периоде возврата вложенных средств.

Преодоление сырьевой зависимости предполагает структурное перераспределение ресурсов в пользу отраслей, способных обеспечивать формирование высокой добавленной стоимости, рост производительности и технологическое обновление экономики. При этом меры по развитию отечественных производств должны сочетаться с стимулированием технологического обновления и развитием механизмов защиты и поддержки перспективных направлений на этапах становления нового (шестого) технологического уклада.

Переход от экспортно-сырьевой модели экономики к стратегии, ориентированной на наращивание производственного потенциала и опережающее создание условий для инновационного развития, остается одной из ключевых задач современной экономической политики. Однако, на сегодняшний день единая стратегия такого перехода отсутствует. Наблюдаются разрозненные действия Банка России, Министерства финансов, Министерства экономического развития и Правительства РФ, каждое из которых решает задачи в рамках своей ведомственной логики и действуют изолированно, руководствуясь собственными целевыми установками. Формирование условий для осуществления такой трансформации должно обеспечиваться перманентной коммуникацией и консолидацией усилий всех субъектов экономической политики – от регуляторов (денежно-кредитных, налогово-бюджетных и экономических) до бизнеса и науки. Без такой координации экономические инструменты различных ведомств остаются по-прежнему работать в противофазе [2], а любые инициативы носят фрагментарный и несистемный характер.

Заключение

Проведенный анализ свидетельствует о существенной трансформации структуры российской экономики в период 2011–2025 гг., сопровождавшейся изменением роли ключевых видов экономической деятельности и постепенным повышением значения обрабатывающих производств. В связи с этим, в текущих условиях стратегической задачей становится не только сохранение сформировавшегося вектора структурной трансформации, но и последовательное наращивание производственного, технологического и инновационного потенциала экономики в средне- и долгосрочной перспективе.

Решение накопившихся системных задач требует перехода к формированию системы управления, позволяющей учитывать взаимосвязь широкого спектра экономических, технологических, инвестиционных и институциональных факторов, влияющих на инновационное развитие промышленности. Такая система должна опираться на современные механизмы, обеспечивающие оценку взаимного влияния множества факторов, моделирование различных сценариев развития и своевременную корректировку управленческих решений [6]. Особое значение при этом приобретает обеспечение согласованности действий ключевых субъектов экономической политики – органов денежно-кредитного, налогово-бюджетного и экономического регулирования. Только их системная координация и согласованность позволит достичь взаимодополняющего эффекта и обеспечит достижение поставленных целей.

Литература

1. Грибов Е. Е. Структурная трансформация экономики Российской Федерации в период 2011–2025 годов: смещение амплитуды роста в обрабатывающий сектор // Экономическая безопасность. 2026. Т. 9. № 5. С. 863-880.
2. Денежно-кредитная и бюджетная политика в России: особенности взаимодействия. Научный доклад ИНП РАН // Под ред. члена-корреспондента РАН А.А. Широва. М.: Клуб печати. 2026. 404 с.
3. ЕМИСС Государственная статистика // Среднегодовая численность занятых в экономике. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58994 (дата обращения: 24.08.2026).
4. Маргиев В.З. Приоритеты структурных преобразований в экономике: дис. канд. экон. наук: 08.00.01. Владикавказ. 2020. 176 с.
5. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (с изменениями и дополнениями). URL: https://base.garant.ru/70643464/?ysclid=mt9ylcwae665815828 (дата обращения: 17.08.2026).
6. Скурыдин А.В. Управление развитием инновационного потенциала обрабатывающей промышленности регионов в условиях структурной и технологической трансформации экономики // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия X.0 (ИНПРОМ-2026): сборник трудов Международной научно-практической конференции. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2026. Т. 2. С. 81-85.
7. Федеральная таможенная служба // ТАСС. ФТС России временно не публикует статистику по импорту во избежание спекуляций – комментарий Владимира Булавина. URL: https://customs.gov.ru/press/aktual-no/document/335937 (дата обращения: 20.08.2026).
8. Федеральная служба государственной статистики // Экспорт и импорт Российской Федерации. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/186589?print=1 (дата обращения: 20.08.2026).
9. Федеральная служба государственной статистики // Валовая добавленная стоимость по отраслям экономики. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VDS_god_OKVED2_s_2011-2025.xlsx (дата обращения: 20.08.2026).

Structural and technological transformation of the Russian economy in the context of contemporary challenges

Skurydin A.V., Myznikova M.N.
NRU « MPEI», Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The aim of this study is to identify the main directions, depth and results of structural transformations in the economy of the Russian Federation amid growing uncertainty. The

chronological scope of the research covers the period 2011–2025, with data for 1995, 2000 and 2005 used for historical context where appropriate. The information base comprises official data from the Federal State Statistics Service and the Federal Customs Service. The methodological framework is based on the principles of systemic and structural analysis. Structural shifts are assessed by comparing sectoral shares in gross value added and employment, as well as by analysing the commodity structure of the country's exports and imports. The results show that the drivers of growth have shifted towards manufacturing industries, whose share in GVA has increased against the backdrop of a declining share of the raw materials sector and trade. It is substantiated that, in order to preserve the established vector of structural and technological transformation of the economy, state planning and regulation require a mechanism that ensures systemic coordination, consistency and complementarity of economic policy with monetary, fiscal, tax and sectoral policies. The findings can be used by government bodies in addressing the tasks of building up production and innovation potential, as well as in adjusting industrial policy and developing measures to strengthen technological sovereignty.

Keywords: structural transformations, economic shifts, import substitution, conditions of uncertainty, technological sovereignty, innovation vector, scientific and technological development.

References

1. Gribov E.E. Structural transformation of the Russian economy in 2011-2025: shift of growth amplitude to the manufacturing sector. Economic Security. 2026. vol. 9. no. 5. pp. 863-880.
2. Monetary and fiscal policy in Russia: features of interaction. Scientific Report of the Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. Ed. by Corresponding Member of the RAS A.A. Shirov. Moscow: Klub pechati. 2026. 404 p.
3. EMISS State Statistics // Average annual number of employed in the economy. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58994 (accessed: 24.08.2026).
4. Margiev, V.Z. Priorities of structural transformations in the economy: Dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences: 08.00.01. Vladikavkaz. 2020. 176 p.
5. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 328 of April 15, 2014 "On approval of the state program of the Russian Federation «Development of Industry and Increasing its Competitiveness» (with amendments and additions). URL: https://base.garant.ru/70643464/?ysclid=mt9ylcwae665815828 (accessed: 17.08.2026).
6. Skurydin, A.V. Management of the development of innovative potential of the manufacturing industry of regions in the conditions of structural and technological transformation of the economy. In: Intelligent Engineering Economics and Industry X.0 (INPROM-2026): Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS. 2026. Vol. 2. pp. 81-85.
7. Federal Customs Service // TASS. The Federal Customs Service of Russia temporarily does not publish import statistics to avoid speculation – comment by Vladimir Bulavin. URL: https://customs.gov.ru/press/aktual-no/document/335937 (accessed: 20.08.2026).
8. Federal State Statistics Service // Exports and imports of the Russian Federation. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/186589?print=1 (accessed: 20.08.2026).
9. Federal State Statistics Service // Gross value added by economic sectors. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VDS_god_OKVED2_s_2011-2025.xlsx (accessed: 20.08.2026).

Формирование туристских кластеров как фактор устойчивого роста отрасли: тенденции и барьеры

Старынина Людмила Николаевна
старший преподаватель, кафедра «Экономики и управления социально-культурной деятельностью», Самарский государственный институт культуры

Резкая переориентация рекреационных потоков на внутренний контур обнажила серьезную зависимость региональных бюджетов от качества архитектуры гостеприимства. Точечная застройка курортных территорий изолированными гостиничными объектами исчерпала свой потенциал. На смену ей пришел экосистемный подход. Цель –исследовать процессы формирования туристских кластеров и оценить их реальный вклад в преодоление барьеров отрасли на фоне макроэкономических сдвигов 2025-2026 гг. Изыскание строится вокруг отраслевого противоречия. Рынок фиксирует значительный рост потребительских трат и объема внутренних поездок; однако этот спрос практически сразу упирается в логистический тупик «последней мили» вкупе с острым дефицитом линейного персонала. Высокая концентрация капитала около столичных агломераций парадоксальным образом соседствует с хроническим недофинансированием аутентичных проектов на периферии. В ходе анализа резюмировано, что отечественная индустрия успешно миновала фазу стихийного развития. Сегодня интегрированные туристические зоны служат не просто маркетинговым инструментом, а главным защитным механизмом, благодаря которому снижаются транзакционные издержки инвесторов. В работе аргументировано, что для поддержания долгосрочной устойчивости требуется пересмотр принципов субсидирования – с явным акцентом на локальный микробизнес, обеспечивающий уникальный культурный опыт. Отдельно обоснована необходимость интеграции предиктивных моделей (в частности, «цифровых двойников») в целях оперативного купирования пиковых антропогенных нагрузок на природные парки.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, индустрия гостеприимства, инфраструктурный разрыв, региональная экономика, туристский кластер, цифровые двойники, экономика впечатлений.

Введение

Развитие рекреационных систем в современной глобальной экономике объективно предопределяет потребность в поиске новых, более действенных моделей организации пространственного «каркаса» индустрии гостеприимства. Туризм привычно рассматривается как база для социально-экономического подъема целого ряда регионов, обеспечивая выраженный мультипликативный эффект в смежных отраслях (имеются в виду транспортное сообщение, строительство, общественное питание, цифровые сервисы).

Создание устойчивых центров притяжения путешественников становится весьма значимым элементом государственной структурной политики. В России институт территориальной организации профильной деятельности прошел сложный, многоэтапный путь преобразований. По сути, он развивался от фрагментарных, точечных попыток возведения отдельных курортных объектов до концепции комплексных туристских агломераций. Как представляется, характеризуемый процесс был сопряжен со множеством макроэкономических сдвигов, изменением рыночной конъюнктуры, институциональной динамикой последних лет.

Сегодня интегрированные рекреационные зоны выполняют не просто функцию формального объединения разрозненных отелей и достопримечательностей на одной территории. Они играют ключевую роль в национальной системе формирования добавленной стоимости, обеспечивая синергию локального бизнеса и смягчая риски инфраструктурной недостаточности. Между тем, текущая ситуация на рынке отражает ряд разнонаправленных тенденций. С одной стороны, повышается качество сервиса, увеличивается внутренний турпоток, усиливается государственная поддержка отрасли в рамках профильных национальных проектов. Одновременно с этим, имеют место выраженный дефицит квалифицированных кадров, узкие логистические места, существенная диспропорция в уровне развития различных макрорегионов. По-видимому, инфраструктурное давление требует от участников рынка оперативной адаптации к новым, более сложным условиям работы. Впрочем, именно эти вызовы формируют контуры будущей архитектуры управления региональным развитием.

В статье предусматривается решение ряда задач: проанализировать структурные изменения в индустрии, оценить динамику финансовых вложений, выявить ключевые барьеры, которые мешают масштабированию успешных кейсов. Результаты соответствующего анализа позволят сформировать объективную картину происходящих изменений. Долгосрочная стабильность региональных бюджетов напрямую зависит от конкурентоспособности локальных рекреационных продуктов на внутреннем рынке.

Материалы и методы исследования

Информационную базу работы составили актуальные статистические данные, отраслевые аналитические отчеты, опубликованные в период 2025-2026 гг., а также современные научные труды. По существу, для обеспечения объективности выводов сделан упор на количественные метрики профильных ведомств, банковскую аналитику транзакций отдыхающих, материалы ведущих деловых изданий. Выбор этих источников продиктован их репрезентативностью. Они оперативно и достаточно точно отражают рыночную конъюнктуру. В качестве эмпирического базиса для оценки государственных интервенций использовались открытые параметры бюджетирования национального проекта «Туризм и гостеприимство».

Методологический «каркас» опирается на комплексный подход. Основным инструментом послужил структурно-функциональный анализ. Благодаря ему удалось рассмотреть рекреационный кластер не просто как набор разрозненных гостиниц, а как сложную, взаимосвязанную экономическую экосистему. В целях обработки массивов числовых данных применялись классические методы статистического и сопоставительного анализов. Сочетание количественных и качественных исследовательских инструментов дало возможность абстрагироваться от краткосрочных сезонных колебаний и сфокусироваться на вычленении фундаментальных долгосрочных трендов развития отрасли.

Результаты и обсуждение

Концептуальное осмысление кластерного подхода берет свое начало в трудах М. Портера, однако проекция этой теории на сектор путешествий обладает спецификой. В сопоставлении с более ранними подходами, где дестинация рассматривалась именно как географическая точка с набором природных или исторических аттракторов, современная парадигма делает упор на плотности экономических связей [4]. Туристский кластер представляет собой не обычную территорию, а экосистему. Как отмечает Д. А. Юренский, он, прежде всего, «…рекреационная зона, которая представляет собой объединение компаний на добровольной основе» [13]. Это географически локализованная сеть взаимосвязанных компаний (туроператоров, гостиничных сетей, транспортных перевозчиков), поставщиков специализированных услуг, ассоциированных институтов (образовательных центров, администраций). Они конкурируют, но при этом ведут совместную деятельность. По замечанию Ж.

П. Шнорра, «…кластер обладает следующими признаками: географическая локализация субъектов кластерного образования, взаимосвязь между ними, наличие технологических связей видов деятельности» [12]. По справедливому уточнению А. В. Кучумова, П. Ю. Еремичевой, «…комплекс факторов, характеризующих высокий потенциал территории для формирования кластерной системы, организует элементы кластера и является причиной обоснования особой экономической зоны в границах поля действия будущего проекта» [2]. Т. Н. Субботина обращает внимание на то, что «…особенность туристских кластеров состоит в том, что «…данный сегмент тесно взаимосвязан с другими отраслями экономики» [8].

Специфика рекреационной услуги заключается в ее комплексности. Потребитель приобретает не отдельное размещение в номере, а целостный опыт пребывания. Кластерный механизм предоставляет возможность преодолеть фрагментарность сервиса. Экономический смысл рассматриваемой агломерации состоит в сокращении транзакционных издержек. Близкое расположение контрагентов удешевляет логистику поставок для ресторанов, позволяет отелям совместно финансировать маркетинговые кампании региона. Благодаря ему создается единый пул рабочей силы. Предположительно, именно уровень внутрикластерного доверия и координации определяет итоговую жизнеспособность всей дестинации на макроуровне.

Эмпирический анализ текущего состояния отрасли позволяет выделить вполне конкретные структурные сдвиги. Период 2025-2026 гг. охарактеризовался закреплением тренда на импортозамещение в сфере отдыха. Статистика отражает устойчивую восходящую динамику. По итогам 2025 г. общий туристический поток по России превысил знаковую отметку в 92 млн поездок, показав прирост на 2,2% к предыдущему периоду [5]. Данный темп сохраняется. В первой половине 2026 г. россияне совершили уже более 43 млн поездок. И это на 4,3% выше показателей аналогичного периода прошлого года [6].

Примечательно, что меняется как количество отдыхающих, так и их финансовое поведение. Траты граждан в поездках по стране достигли 1,94 трлн руб. за 2025 г., увеличившись на 44,8% по сравнению с базовым 2021 г. [11]. В связи с этим отметим, что увеличение расходов вызвано не только инфляционными процессами, но и повышением требований к качеству сервиса – туристы всё чаще выбирают классифицированные средства размещения высоких категорий.

Вместе с тем, территориальное распределение потоков остается весьма неравномерным (см. рис. 1).

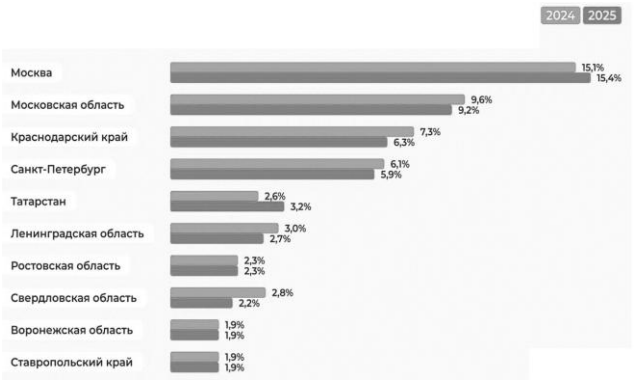


Рис. 1. Структура внутреннего туристического потока по регионам-лидерам [1]

Как видно из представленной информации, на столичный регион и Подмосковье суммарно приходится четверть всего рынка. Высокая концентрация спроса вокруг крупнейших мегаполисов говорит в пользу нереализованного потенциала периферийных территорий. Люди тяготеют к местам с уже готовой, развитой транспортной и сервисной средой. Между тем, наметились и точки прорыва за пределами европейской части страны. Так, рекреационный кластер Республики Алтай по итогам 2025 г. принял 2,8 млн гостей, успешно преодолевая фактор жесткой сезонности [7].

Не следует сбрасывать со счетов и внешний контур. Несмотря на переориентацию спроса, выездной сектор продолжает функционировать. За 2025 г. расходы россиян за рубежом достигли 49 млрд долл., приблизившись к историческим рекордам [10]. Это доказывает, что у населения сохраняется высокая покупательная способность, за которую внутренним курортам предстоит жестко конкурировать.

Системное развитие туристических агломераций сталкивается с тремя фундаментальными преградами (рис. 2).

Так, одна из острых проблем сопряжена с инфраструктурным разрывом «последней мили». Зачастую магистральные аэропорты модернизированы, однако качество дорожной сети, которая ведет непосредственно к рекреационным объектам, оставляет желать лучшего. Еще одна преграда носит кадровый характер. Нехватка линейного персонала (горничные, официанты, администраторы) в высокий сезон достигает критических значений. И это негативным образом сказывается на уровне предоставляемого сервиса. Наконец, вызовом является высокая стоимость заемного капитала для инвесторов, планирующих возведение капитальных объектов с долгим сроком окупаемости (от 8 до 15 лет).



Рис. 2. Препятствия на пути формирования туристских кластеров (составлено автором)

Государство реагирует на обозначенные выше сложности посредством реализации механизмов субсидирования. На основании отмеченного подчеркнем, что бюджетные интервенции становятся ключевым драйвером капитального строительства.

Так, направление 61,4 млрд рублей в 2026 г. целевым образом на развитие отрасли говорит о серьезности намерений Правительства [3]. Видимо, акцент смещается с абстрактной рекламной популяризации регионов на конкретное «приземление» денег в асфальт, электросети, очистные сооружения. Выделение средств именно на инженерную инфраструктуру призвано расшить те самые «узкие места», которые не позволяют частному бизнесу строить новые гостиничные комплексы. Крупнейшие локальные проекты также демонстрируют инвестиционную емкость. К примеру, в развитие особой экономической зоны на Северном Кавказе (Кавминводы) в среднесрочной перспективе будет вложено около 40 млрд рублей частного капитала [9].

На основании проведенного разбора текущих тенденций представляется рациональным сформулировать ряд прикладных рекомендаций. Текущая модель управления зонами отдыха нуждается в качественной модернизации.

Предлагается внедрить архитектуру «цифровых двойников» для наиболее загруженных рекреационных зон (например, экотроп Алтая или курортов Черноморского побережья). Новизна подхода выражена в переходе от ретроспективного статистического подсчета туристов к предиктивному моделированию потоков в реальном времени. Интеграция сведений от мобильных операторов, банковских транзакций, камер наблюдения поможет нивелировать проблему антропогенного давления на природу. Управляющие компании смогут динамически перераспределять экскурсионные группы, предотвращая коллапс инфраструктуры в пиковые часы.

Разумно предположить, что дальнейшее пространственное развитие требует модификации механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП) с фокусом на логистику «последней мили». Смысл описываемой меры состоит в том, чтобы федеральные трассы и аэропорты связать с изолированными курортами. Использование смарт-контрактов с целью синхронизации графиков строительства частного отеля и государственной дороги поможет исключить ситуации, когда гостиница уже сдана в эксплуатацию, а подъездные пути к ней отсутствуют.

В дополнение к обозначенному выше, предлагается концептуально пересмотреть систему грантовой поддержки на местах. Сейчас значительная часть преференций уходит крупным сетевым игрокам. Рекомендуется диверсифицировать критерии отбора, сместив акцент на субсидирование локального микробизнеса, который создает аутентичный продукт (крафтовые сыроварни, ремесленные мастерские, этнографические комплексы и т. п.). Описываемое решение нацелено на борьбу с монополизацией сервиса. Оно даст возможность устранить дефицит уникального культурного опыта, который и формирует истинную ценность любой поездки.

Заключение

Институт туристских кластеров в России продемонстрировал способность к адаптации на фоне турбулентных экономических циклов. Пройдя сложный путь от стихийного развития курортных территорий до современной, структурированной системы программно-целевого управления, рекреационная отрасль сумела сформировать «фундамент» инвестиционной привлекательности. По существу, отечественный рынок путешествий обрел необходимый запас внутренней устойчивости.

Анализ эмпирических показателей указывает на то, что сектор гостеприимства находится в стадии качественной перестройки. Возникающие логистические и кадровые барьеры не являются признаком системного кризиса. Напротив, это объективный индикатор бурного роста. Рекордные показатели внутренних поездок, которые превысили отметку в 92 млн по итогам 2025 г., и масштабный объем финансовых трат путешественников внутри страны наглядно демонстрируют сдвиг в потребительском поведении. Граждане начинают воспринимать российские здравницы и базы отдыха не как вынужденную альтернативу, а как полноценный, высококонкурентный продукт. Одновременно с этим, запланированные государственные инвестиции подтверждают долгосрочный статус туризма как одного из важнейших драйверов национальной экономики.

Изложенные в статье результаты могут быть применены в дальнейшей исследовательской практике для моделирования пространственного развития территорий. Статистика региональной концентрации турпотоков представляет научный интерес для специалистов в области территориального планирования и урбанистики. В прикладном аспекте авторские рекомендации по внедрению систем предиктивной аналитики («цифровых двойников») и оптимизации механизмов государственно-частного партнерства уместно использовать региональным администрациям для эффективного нивелирования инфраструктурных ограничений. В обозримой перспективе социально-экономическая значимость интегрированных зон будет неуклонно усиливаться, требуя от управляющих организаций освоения принципиально новых, высокотехнологичных компетенций и нестандартных подходов к гостеприимству.

Литература

1. Гриценко, Ю. Рост внутреннего туризма по России замедляется. Прогноз на 2026 год +1-3% или стагнация / Ю. Гриценко // URL: https://bronirui-online.ru/jurnal/novosti/rost-vnutrennego-turizma-po-rossii-zamedlyaetsya-prognoz-na-2026-god-plyus-1-3-ili-stagnaciya/ (дата обращения: 18.09.2026).
2. Кучумов, А. В. Проектировании туристского кластера на основе географического фактора / А. В. Кучумов, П. Ю. Еремичева // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 14-25. – EDN GTONYQ.
3. Нацпроект «Туризм и гостеприимство»: результаты работы и планы развития // URL: https://barn-estate.ru/media/novosti/natsproekt-turizm-i-gostepriimstvo-rezultaty-raboty-i-plany-razvitiya-/ (дата обращения: 18.09.2026).
4. Рамашова, А. Н. Научные подходы к определению понятия «туристская дестинация» / А. Н. Рамашова, Ш. Б. Байжанова, М. Ж. Бекбол // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 41-55. – EDN BBQVDF.
5. Решетников: число турпоездок по России по итогам 2026 года будет сопоставимо с прошлогодним // URL: https://www.interfax-russia.ru/tourism/news/reshetnikov-chislo-turpoezdok-po-rossii-po-itogam-2026-goda-budet-sopostavimo-s-proshlogodnim (дата обращения: 18.09.2026).
6. Совокупный туристический поток в России в первом полугодии 2026 года превысил 43 млн поездок // URL: https://www.outdoor.ru/articles/sovokupnyy_turisticheskiy_potok_v_rossii_v_pervom_polugodii_2026_goda_prevysil_43_mln_poezdok/ (дата обращения: 18.09.2026).
7. Стрункин, Р. Алтай уходит от сезонности: турпоток в республику приблизился к трём миллионам / Р. Стрункин // URL: https://travel.yandex.ru/pro/altay-uhodit-ot-sezonnosti-turpotok-v-respubliku-priblizilsya-k-tryom-millionam/ (дата обращения: 18.09.2026).
8. Субботина, Т. Н. Формирование туристского кластера в регионе / Т. Н. Субботина // Дневник науки. – 2023. – № 10(82). – EDN WIHYTZ.
9. Турбина, Е. В ОЭЗ в Кавминводах вложат 40 млрд рублей инвестиций / Е. Турбина // URL: https://yug.business-magazine.online/fn_1713184.html (дата обращения: 18.09.2026).
10. Туризм в России 2026: итоги лета, тренды и новые правила // URL: https://www.wtcmoscow.ru/news/turizm-v-rossii-2026-itogi-leta-trendy-i-novye-pravila/ (дата обращения: 18.09.2026).
11. Туристический поток внутри России растёт четвёртый год подряд // URL: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/business/article?newsID=8489b507-60a1-4657-a9cb-d44e3b5f0790&blockID=8a17129a-cf00-4b6d-b8b8-fe57ee628586&regionID=77&lang=ru&type=NEWS (дата обращения: 18.09.2026).
12. Шнорр, Ж. П. Идентификация туристского кластера Новосибирской городской агломерации / Ж. П. Шнорр // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2021. – № 2(87). – С. 40-57. – DOI 10.21295/2223-5639-2021-2-40-57. – EDN PVLFJM.
13. Юренский, Д. А. Туристские кластеры: особенности и перспективы развития / Д. А. Юренский // Теория и практика проектного образования. – 2021. – № 4(20). – С. 37-39. – EDN UFRPYH.

Formation of tourist clusters as a factor of sustainable growth of the industry: trends and barriers

Starynina L.N.
Samara State Institute of Culture

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The sharp reorientation of recreational flows to the domestic contour has exposed a serious dependence of regional budgets on the quality of the hospitality architecture. Point development of resort territories with isolated hotel facilities has exhausted its potential. It has been replaced by an ecosystem approach. The aim is to study the processes of forming tourist clusters and to assess their real contribution to overcoming the barriers of the industry against the backdrop of macroeconomic shifts in 2025–2026. The study is built around an industry contradiction. The market records significant growth in consumer spending and the volume of domestic trips; however, this demand almost immediately runs into the logistical dead end of the "last mile," coupled with an acute shortage of line personnel. The high concentration of capital around capital agglomerations paradoxically coexists with chronic underfunding of authentic projects on the periphery. In the course of the analysis, it is summarized that the domestic industry has successfully passed the phase of spontaneous development. Today, integrated tourist zones serve not merely as a marketing tool, but as the main protective mechanism, thanks to which the transaction costs of investors are reduced. The work argues that to maintain long-term sustainability, a revision of the principles of subsidization is required – with a clear emphasis on local micro-businesses that provide a unique cultural experience. Separately, the necessity of integrating predictive models (in particular, "digital twins") is substantiated in order to promptly mitigate peak anthropogenic loads on natural parks.

Keywords: public-private partnership, hospitality industry, infrastructure gap, regional economy, tourist cluster, digital twins, experience economy

References

1. Gritsenko, Yu. The growth of domestic tourism in Russia is slowing down. Forecast for 2026: +1-3% or stagnation / Yu. Gritsenko // URL: https://bronirui-online.ru/jurnal/novosti/rost-vnutrennego-turizma-po-rossii-zamedlyaetsya-prognoz-na-2026-god-plyus-1-3-ili-stagnaciya/ (accessed: 09/18/2026).
2. Kuchumov, A.V. Designing a tourist cluster based on the geographical factor / A.V. Kuchumov, P.Yu. Eremicheva // Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. – 2024. – Vol. 10, No. 1. – Pp. 14-25. – EDN GTONYQ.
3. National project "Tourism and Hospitality": results of work and development plans // URL: https://barn-estate.ru/media/novosti/natsproekt-turizm-i-gostepriimstvo-rezultaty-raboty-i-plany-razvitiya-/ (accessed: 09/18/2026).
4. Ramashova, A.N. Scientific approaches to defining the concept of "tourist destination" / A.N. Ramashova, Sh.B. Baizhanova, M.Zh. Bekbol // Bulletin of the Association of Universities of Tourism and Service. – 2021. – Vol. 15, No. 1. – Pp. 41-55. – EDN BBQVDF.
5. Reshetnikov: the number of tourist trips in Russia by the end of 2026 will be comparable to last year's // URL: https://www.interfax-russia.ru/tourism/news/reshetnikov-chislo-turpoezdok-po-rossii-po-itogam-2026-goda-budet-sopostavimo-s-proshlogodnim (accessed: 09/18/2026).
6. The total tourist flow in Russia in the first half of 2026 exceeded 43 million trips // URL: https://www.outdoor.ru/articles/sovokupnyy_turisticheskiy_potok_v_rossii_v_pervom_polugodii_2026_goda_prevysil_43_mln_poezdok/ (accessed: 09/18/2026).
7. Strunkin, R. Altai is moving away from seasonality: the tourist flow to the republic has approached three million / R. Strunkin // URL: https://travel.yandex.ru/pro/altay-uhodit-ot-sezonnosti-turpotok-v-respubliku-priblizilsya-k-tryom-millionam/ (accessed: 09/18/2026).
8. Subbotina, T.N. Formation of a tourist cluster in the region / T.N. Subbotina // Diary of Science. – 2023. – No. 10(82). – EDN WIHYTZ.
9. Turbina, E. 40 billion rubles of investments will be invested in the SEZ in the Caucasian Mineral Waters / E. Turbina // URL: https://yug.business-magazine.online/fn_1713184.html (accessed: 09/18/2026).
10. Tourism in Russia 2026: summer results, trends and new rules // URL: https://www.wtcmoscow.ru/news/turizm-v-rossii-2026-itogi-leta-trendy-i-novye-pravila/ (accessed: 09/18/2026).
11. The tourist flow within Russia has been growing for the fourth year in a row // URL: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/business/article?newsID=8489b507-60a1-4657-a9cb-d44e3b5f0790&blockID=8a17129a-cf00-4b6d-b8b8-fe57ee628586&regionID=77&lang=ru&type=NEWS (accessed: 09/18/2026).
12. Shnorr, Zh.P. Identification of the tourist cluster of the Novosibirsk urban agglomeration / Zh.P. Shnorr // Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – 2021. – No. 2(87). – Pp. 40-57. – DOI 10.21295/2223-5639-2021-2-40-57. – EDN PVLFJM.
13. Yurensky, D.A. Tourist clusters: features and development prospects / D.A. Yurensky // Theory and Practice of Project Education. – 2021. – No. 4(20). – Pp. 37-39. – EDN UFRPYH.

Энергетическая составляющая ресурсной базы цементной промышленности: оценка эффективности использования и направления оптимизации

Сянин Сергей Викторович
Государственный университет управления, sianin1999@mail.ru

Энергоэффективность цементной промышленности принято оценивать по удельному расходу топлива на обжиг клинкера. В работе использование энергетической составляющей ресурсной базы отрасли оценено по полному кругу энергоносителей и в расчёте на конечный продукт по данным Росстата за 2012–2025 годы. Предложен сквозной расход энергии на тонну цемента, не зависящий от полноты учёта клинкера. Установлено, что снижение энергоёмкости сменилось стабилизацией: за 2016–2025 годы расход топлива на клинкер снизился на 7,4 %, сводный на 1,0 %, а сквозной расход на тонну цемента после 2019 года не снижается. Стабилизация связана с приостановкой перехода на сухой способ производства и ростом доли цемента без минеральных добавок. Печное топливо на 90 % состоит из природного газа, замещение топлива электрической энергией удорожает единицу энергии и расширяет круг первичных источников. Направления оптимизации оценены по расходу энергии, её стоимости и разнообразию источников.

Ключевые слова: цементная промышленность, ресурсная база, энергетическая составляющая, энергоёмкость, замещение энергоносителей, сквозной расход энергии, первичные источники энергии, замещающее топливо.

Введение

Производство цемента относится к энергоёмким [1, с. 256]: топливо и электрическая энергия образуют 28–45 % себестоимости в зависимости от способа производства и оснащённости предприятия [1, с. 21]. При такой доле энергия относится к определяющим составляющим ресурсной базы отрасли, формирование которой связывают с воспроизводством основных фондов и распределением ресурсов [2, с. 110].

Структура ресурсной базы понимается не как перечень элементов, а как «целостная система с определёнными правилами» [3, с. 60]. Состояние энергетической составляющей, к которой отнесены топливо, электрическая и тепловая энергия всех переделов и их первичные источники, определяется поэтому количеством энергии, соотношением энергоносителей, их стоимостью и источниками.

Энергоэффективность цементного производства оценивается прежде всего по удельному расходу топлива на обжиг клинкера, который справочник по наилучшим доступным технологиям относит к показателям технологической эффективности наряду с расходом энергии на тонну портландцемента [1, с. 174]. По отраслевым данным, он снизился со 185,0 кг на тонну в 2014 году до 152,5 кг в 2021 году [1, с. 20; 6]. Сводный расход энергии на клинкер приводит государственный доклад [4, с. 36], но по энергоносителям не разбирает и к конечному продукту не относит. Стратегия развития промышленности строительных материалов задаёт ресурсоёмкость долями топлива и электрической энергии в затратах, снижающимися по целевым показателям с 17 до 15 % и с 5 до 4 % [5]. В литературе рассмотрены технология и энергоёмкость производства цемента [10], замена природного сырья вторичными материалами [11], декарбонизация отрасли [12], недозагрузка мощностей [13], факторы структурных изменений [14], развитие ESG-повестки российского бизнеса [15]. Соотношение энергоносителей и расход энергии на конечный продукт предметом исследования в них не становились.

Цель работы: оценить эффективность использования энергетической составляющей ресурсной базы цементной промышленности по полному кругу энергоносителей и в расчёте на конечный продукт, установить причины замещения энергоносителей по переделам и вывести из них направления оптимизации.

Проверяются три предположения. Первое: снижение энергоёмкости производства цемента, то есть расхода энергии на тонну продукции, сменилось стабилизацией. Второе: переход на сухой способ производства приостановился, а действующие факторы (технология обжига, условия снабжения топливом, состав продукции) перераспределяют потребность в энергии между энергоносителями и переделами, не сокращая её. Третье: перераспределение меняет структуру энергетической составляющей и круг её первичных источников, поэтому оптимизация связана также с изменением этой структуры.

Вклад работы составляют сквозной показатель, нечувствительный к неполноте учёта клинкера, и оценка замещения энергоносителей одновременно по расходу, стоимости и концентрации первичных источников.

Данные и метод

Использованы данные Росстата: удельный расход топлива, электрической и тепловой энергии на тонну клинкера и цемента за 2012–2025 годы и расход топлива по видам в производстве цемента (группа 23.51 ОКВЭД2) за 2023–2025 годы [16], выпуск клинкера и цемента по видам [17], средние цены приобретения энергоносителей промышленными организациями [18].

Ряд удельных расходов неоднороден: сведения за 2012–2015 годы собраны по форме № 11-ТЭР, отменённой с отчёта за 2016 год [19], последующие по форме № 4-ТЭР [20]. На год смены формы приходится уменьшение расхода топлива на клинкер со 163,0 до 146,9 кг условного топлива (далее — кг у. т.) на тонну и рост расхода тепловой энергии с 0,7 до 54,6 тыс. ккал, поэтому отрезки 2012–2015 и 2016–2025 годов анализируются раздельно. Стадией клинкера названа строка формы, объединяющая подготовку сырья и обжиг, стадией цемента строка помола.

Эффективность оценивается по трём признакам: расходу энергии на единицу продукции, её стоимости и концентрации первичных источников. Сводный расход на тонну клинкера складывает топливо, электрическую и тепловую энергию по коэффициентам Росстата: 0,123 кг у. т. на кВт·ч и 0,14286 кг у. т. на тыс. ккал [20, приложение 2]. Для проверки устойчивости электрическая энергия пересчитывается также по фактическому расходу топлива на её отпуск тепловыми электростанциями, 0,296–0,309 кг у. т. на кВт·ч [16]. Со сводным расходом совпадает ряд государственного доклада за 2015–2023 годы [4, с. 36], расхождение не превышает 0,2 кг.

Сквозной расход на тонну цемента складывает расход по строке клинкера, умноженный на отношение выпуска клинкера к выпуску цемента, и расход по строке цемента. Клинкер отдельной строкой показывают не все предприятия: по данным Росстата в 2021 году его выпущено 42,0 млн т [17] при отраслевой оценке 54,1 млн т [1, с. 8]. Расход остальных отражается по строке цемента, и сквозной

показатель от такого распределения не зависит. Его изменение раскладывается без остатка на три слагаемых: расход по строке клинкера, отношение выпуска клинкера к выпуску цемента и расход по строке цемента, первые два взвешены средними за два года значениями. Удельные расходы, умноженные на выпуск, дают 98,3–99,7 % расхода топлива по группе 23.51 за 2023–2025 годы, что подтверждает согласованность данных.

Стоимость энергии исчислена по средним ценам приобретения промышленными организациями на конец года с налогом на добавленную стоимость и доставкой [18], топливо оценено по цене природного газа. Расход каждого года оценён в ценах одного года, 2017-го и 2025-го, что устраняет влияние изменения цен. Состав первичных источников электрической энергии определён по выработке электростанций разных видов [4, с. 12] и по расходу топлива на её производство [16]. Мерой разнообразия служит показатель концентрации Херфиндаля — Хиршмана, сумма квадратов долей: при единственном источнике он равен единице и снижается с ростом разнообразия. При одном преобладающем энергоносителе изменение его цены или условий поставки переносится на всю энергетическую составляющую.

Динамика удельного расхода топлива

Быстрое снижение сменилось стабилизацией (табл. 1): в 2012–2015 годах расход топлива на клинкер уменьшался на 9,3 кг у. т. в год, а в 2016–2024 годах оставался в пределах 141,0–149,8 кг. Значение 2025 года, 136,0 кг, ниже этого интервала, но пока представлено одним наблюдением.

Таблица 1
Удельный расход энергоносителей на стадиях клинкера и цемента

Показатель	2012	2015	2016	2019	2021	2024	2025
Клинкер: топливо, кг у. т. на т	190,9	163,0	146,9	146,4	141,0	142,4	136,0
Клинкер: электрическая энергия, кВт·ч на т	23,5	25,9	26,4	36,1	35,7	41,3	42,6
Клинкер: тепловая энергия, тыс. ккал на т	0,8	0,7	54,6	87,7	111,9	104,4	106,1
Цемент: электрическая энергия, кВт·ч на т	102,8	87,6	86,9	78,5	79,2	71,8	71,3
Цемент: топливо, кг у. т. на т	15,0	25,7	30,6	24,1	23,4	19,1	22,2

Примечание. Данные приведены без субъектов малого предпринимательства и без сведений по Донецкой и Луганской народным республикам, Запорожской и Херсонской областям. Источник: составлено автором по данным [16].

Расход энергии по полному кругу энергоносителей

Экономия топлива на стадии клинкера почти целиком возмещена другими энергоносителями (рисунок 1). За 2016–2025 годы расход топлива снизился на 7,4 %, тогда как сводный расход на 1,0 %, а при пересчёте электрической энергии по расходу топлива на её отпуск он вырос на 0,7 %. Из 10,9 кг у. т. снижения расхода топлива 2,0 кг возмещены ростом расхода электрической энергии и 7,4 кг ростом расхода тепловой энергии. Вывод устойчив: за 2016–2024 годы сводный расход вырос со 157,9 до 162,4 кг, а без тепловой энергии, происхождение которой форма не раскрывает [20], за 2016–2025 годы снизился на 5,9 и 4,0 % соответственно, меньше, чем расход топлива.

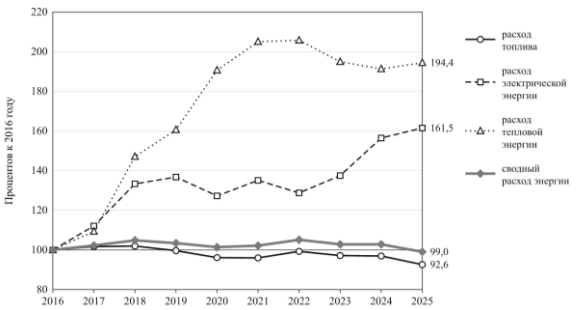


Рисунок 1 — Расход энергоносителей на тонну клинкера и сводный расход энергии в 2016–2025 годах, процентов к 2016 году
Источник: рассчитано автором по данным [16].

Часть роста расхода электрической и тепловой энергии по строке клинкера может отражать перенос расхода между строками и графами формы: по строке цемента расход электрической энергии за те же годы снизился с 86,9 до 71,3 кВт·ч на тонну. Сводный показатель нечувствителен к переносу между графами, сквозной между строками, поэтому выводы опираются на них (табл. 2).

Таблица 2
Сводный расход энергии на тонну клинкера и сквозной расход на тонну цемента

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Сводный расход на тонну клинкера, кг у. т.	161,6	165,6	163,4	160,2	161,4	166,1	162,4	162,4	156,4
в том числе топливо	149,4	149,8	146,4	141,2	141,0	145,9	142,8	142,4	136,0
Сквозной расход на тонну цемента, кг у. т.	159,6	153,2	143,0	145,5	146,8	151,1	146,7	153,8	150,1
в том числе топливо	137,4	131,8	121,7	122,5	122,5	126,8	122,8	129,3	125,6
Сквозной расход электрической энергии, кВт·ч на т цемента	106,0	105,5	102,6	101,3	104,3	104,8	102,5	103,8	103,7
Доля цемента без минеральных добавок в выпуске, %	56,4	56,8	60,3	61,2	63,2	63,8	64,7	68,2	68,6

Примечание. Электрическая энергия пересчитана в условное топливо по коэффициенту 0,123 кг у. т. на кВт·ч, тепловая энергия по коэффициенту 0,14286 кг у. т. на тыс. ккал. Сводный расход 2016 года равен 157,9 кг у. т. Значение сквозного расхода 2017 года включает расход тепловой энергии по строке цемента 21,5 тыс. ккал на тонну при 1,3–3,0 тыс. ккал в остальные годы. На 2019 год приходится наименьшее отношение выпуска клинкера к выпуску цемента, 0,667. Удельные расходы приведены без субъектов малого предпринимательства, выпуск по полному кругу производителей. Источник: рассчитано автором по данным [16; 17].

В расчёте на конечный продукт снижение прекратилось: сквозной расход уменьшился со 159,6 кг у. т. в 2017 году до 143,0 кг в 2019 году и после этого не снижался, оставаясь в пределах 145,5–153,8 кг. За 2020–2025 годы расход топлива на клинкер снизился на 3,7 %, тогда как сквозной расход топлива на тонну цемента вырос на 2,5 %. Доля электрической энергии в расходе на тонну цемента все девять лет держалась в пределах 8,2–8,8 %, то есть замещение идёт внутри строки клинкера. Первое предположение подтверждается.

Причины замещения энергоносителей

Первая причина технологическая. Сухой способ расходует в 1,75 раза меньше топлива, чем мокрый (117,3 против 205,2 кг у. т. на тонну клинкера в 2021 году), но больше электрической энергии (123,1 против 116,5 кВт·ч на тонну цемента) [1, с. 20], поскольку при мокром способе сырьё измельчается в водной среде [10, с. 284]. Переход на него одновременно снижал расход топлива и замещал топливо электрической энергией. Доля сухого и комбинированного способов выросла с 17,1 % в 2010 году до 60,2 % в 2020 году [1, с. 8; 7] и с тех пор не растёт: 56,5 % в 2021 году [1, с. 9], около 60 % продукции, выпущенной по энергосберегающим технологиям, в 2023 году [8] и около 57 % в 2024 году [9]. Приостановка перехода приходится на те же годы, что и прекращение снижения сквозного расхода.

Вторая причина связана с условиями снабжения топливом. До 2005 года часть предприятий работала на мазуте и отказалась от него из-за роста цен [1, с. 19]. В 2023–2025 годах на природный газ приходилось 90,0–91,3 % ко-

тельно-печного топлива отрасли, доля угля снизилась с 8,9 до 7,4 %, а на прочие виды твёрдого топлива, к которым указания Росстата относят отходы производств и бытовые отходы [20] и в которые входит биотопливо, приходилось 1,1–1,3 % [16]. Состав топлива сведён к одному энергоносителю, и доля замещающего топлива не превышает этой величины.

Третья причина заключена в составе продукции. Доля цемента без минеральных добавок в выпуске выросла с 56,4 % в 2017 году до 68,6 % в 2025 году, доля цемента с минеральными добавками снизилась с 38,0 до 24,6 % [17], и на тонну цемента расходуется больше клинкера, наиболее энергоёмкого полупродукта. Добавки при этом вводятся на следующих звеньях, при изготовлении бетона, строительных смесей и растворов: свойства строительного материала определяет последнее звено промышленности перед передачей продукции в строительство, которое формирует ресурсную базу из широкого ассортимента ресурсов под требования покупателя [14, с. 84–85]. Чем ближе звено к конечному потребителю, тем больше добавок оно вводит само, и спрос смещается к цементу без добавок. Содержание цемента в бетоне, смесях и растворах, по данным о выпуске за 2017–2022 годы, снижается [14, с. 84], но в показателях цементной промышленности это не отражается.

Разложение изменения сквозного расхода показывает соотношение этих причин. За 2020–2025 годы сквозной расход вырос на 3,2 %: снижение расхода по строке клинкера уменьшило его на 2,7 кг у. т., снижение расхода по строке цемента на 3,0 кг, а рост отношения выпуска клинкера к выпуску цемента с 0,694 до 0,760 увеличил на 10,4 кг. Это отношение отражает также полноту учёта клинкера и изменение его запасов, поэтому отнести весь прирост к составу продукции нельзя, а влияние размещения переделов по доступным данным не выделяется. Действующие факторы перераспределяют потребность в энергии между энергоносителями и переделами, не сокращая её, что согласуется со вторым предположением.

Стоимость и первичные источники энергии

Замещение топлива электрической энергией удорожает единицу энергии: в 2017–2025 годах она обходилась промышленным организациям в виде электрической энергии в 4,5–4,7 раза дороже, чем в виде природного газа, в виде тепловой энергии в 1,9–2,0 раза дороже [18]. Соотношение устойчиво, то есть замещение не вызвано удешевлением электрической энергии, и стоимость энергии снижается медленнее расхода. На стадии клинкера расход топлива и электрической энергии за эти годы снизился на 7,7 %, а их стоимость в постоянных ценах на 3,5 %, с учётом тепловой энергии расход снизился на 3,2 %, а стоимость выросла на 3,6–4,0 %. На тонну цемента расход энергии снизился на 5,9 %, её стоимость на 3,6–3,8 %. На электрическую энергию приходится 8,2–8,8 % расхода энергии на тонну цемента и 28,3–29,9 % её стоимости. Одновременно электрическая энергия меняет состав первичных источников (табл. 3).

Таблица 3

Первичные источники энергии в производстве цемента в 2023 году, %

Первичный источник	Печное топливо заводов	Электрическая энергия из сети	Топливо и электрическая энергия вместе
природный газ	90,0	48,1	81,5
уголь	8,9	15,6	10,2
прочие виды твёрдого топлива, включая биотопливо	1,1	0,0	0,9
атомная энергия	0,0	18,5	3,7
гидроэнергия	0,0	17,2	3,5
прочие источники	0,0	0,7	0,1
показатель концентрации	0,819	0,319	0,678

Примечание. Электрическая энергия распределена по выработке электростанций разных видов по России в целом, выработка тепловых электростанций разделена между газом и углём по расходу топлива. Последняя графа взвешена по сквозному расходу топлива и электрической энергии на тонну цемента, электрическая энергия учтена по расходу топлива на её отпуск. Тепловая энергия не распределена. Источник: рассчитано автором по данным [4, с. 12; 16; 17].

Печное топливо на девять десятых состоит из природного газа, показатель концентрации источников равен 0,819. Электрическая энергия из сети вырабатывается на газе, угле, атомных и гидроэлектростанциях, её показатель концентрации 0,319. При пересчёте по расходу топлива на её отпуск на неё приходится 20,3 % расхода топлива и электрической энергии на тонну цемента, и показатель концентрации энергетической составляющей снижается с 0,819 до 0,678. При пересчёте по коэффициенту 0,123 кг у. т. на кВт·ч её доля равна 9,3 %, а показатель 0,752. Электрическая энергия обходится ресурсной базе отрасли дороже топлива, но служит единственным каналом, через который в неё поступают атомная и гидроэнергия. Третье предположение подтверждается как свойство структуры по состоянию на 2023 год.

Направления оптимизации

Направления оптимизации оцениваются по тем же трём признакам (табл. 4).

Таблица 4

Направления оптимизации энергетической составляющей

Направление	Расход энергии	Стоимость энергии	Разнообразие источников
Замена линий мокрого способа	снижает	снижает, требует вложений	почти не меняет
Снижение электроёмкости помола и тяги	снижает	снижает	почти не меняет
Замещающее топливо	почти не меняет	снижает, если отходы не дороже газа	повышает
Цементы с минеральными добавками	снижает	снижает	почти не меняет
Электрическая энергия вместо топлива	зависит от технологии	удорожает единицу энергии	повышает

Примечание. Масштаб расхода топлива рассчитан по клинкеру, показанному в статистике отдельной строкой. Оценка «почти не меняет» означает, что направление меняет соотношение топлива и электрической энергии, но не состав источников каждого из них, показатель концентрации при этом изменяется в пределах 0,01. Источник: составлено автором.

Направления неравноценны. Наибольшую отдачу в стоимости на единицу сэкономленной энергии даёт снижение расхода электрической энергии: при 8–9 % расхода она образует около 29 % стоимости, а более 80 % её потребляют мельницы, вентиляторы и дымососы [1, с. 190]. Замещающее топливо остаётся единственным направлением, которое повышает разнообразие источников и не удорожает энергию, если подготовленные отходы обходятся не дороже газа. Стратегия называет его вторым по значимости резервом снижения себестоимости [5], однако в топливе отрасли на него приходится менее 2 %.

Замена линий мокрого способа и выпуск цементов с минеральными добавками сокращают потребность в природном газе, но почти не меняют состава источников. Первое направление требует вложений в основные фонды, второе зависит от спроса: отраслевая дорожная карта предусматривает снижение доли клинкера в цементе с 0,889 в 2021 году до 0,67 к 2050 году [1, с. 23], тогда как фактическая динамика 2017–2025 годов противоположна.

Заключение

Эффективность использования энергетической составляющей после 2019 года не повышается. Снижение энергоёмкости прекратилось одновременно с приостановкой перехода на сухой способ производства, а другие факторы снижения за это время не проявились. Это указывает на то, что снижение обеспечивал один структурный сдвиг в технологии, а не постоянно действующая экономия.

Оценка эффективности зависит от границ, в которых измеряется расход. Расход топлива на клинкер, взятый отдельно, за 2016–2025 годы снизился на 7,4 %. С учётом всех энергоносителей той же стадии снижение составило 1,0 %, поскольку экономия топлива на 86 % возмещена ростом расхода электрической и тепловой энергии. На тонну цемента расход после 2019 года не снижается: экономию на обоих переделах перекрывает рост отношения выпуска клинкера к выпуску цемента. За пределами отрасли оценка меняется ещё раз: добавки вводят сами потребители цемента, и чем ближе звено к конечному потребителю, тем больше добавок оно вводит, поэтому отрасль выпускает более энергоёмкий цемент, а содержание цемента в бетоне, смесях и растворах, судя по данным о выпуске, снижается. Экономия, измеренная в узких границах, в значительной части оказывается перемещением расхода за эти границы, и показатель следует относить к границе, на которой перемещение замыкается: ко всем энергоносителям и к конечному продукту, а в дальнейшем к единице цементосодержащей продукции.

Энергетическая составляющая выступает тем самым не суммой расходов, а структурой, в которой количество энергии, её стоимость и зависимость от одного источника связаны между собой. Замещение топлива электрической энергией расхода не сокращает, каждая замещённая единица энергии обходится в 4,5–4,7 раза дороже, а концентрация первичных источников снижается: показатель равен 0,819 для печного топлива и 0,678 с учётом электрической энергии. Разнообразие источников имеет цену и складывается преимущественно за пределами отрасли: состав печного топлива определяют условия снабжения газом, состав источников электрической энергии структура генерации. В распоряжении самой отрасли остаётся замещающее топливо, которое повышает разнообразие и не удорожает энергию, если отходы обходятся не дороже газа.

Оптимизация поэтому не сводится к снижению удельных расходов: ни одно из направлений не улучшает все три признака сразу, и оценивать их следует в сочетании. Стоимостные целевые показатели Стратегии, доли топлива и электрической энергии в затратах, меняются вместе с ценами, и их целесообразно дополнить натуральными: сквозным расходом энергии на тонну цемента и долей замещающего топлива. Вклад состава продукции в чистом виде и влияние размещения переделов остаются предметом дальнейшей работы, для которой нужны данные о выпуске клинкера по всем предприятиям и о расходе энергии на единицу цементосодержащей продукции.

Литература
1. ИТС 6-2022. Производство цемента : информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям : утверждён приказом Росстандарта от 16.12.2022 № 3199. — Москва : Бюро НДТ, 2022. — URL: https://burondt.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
2. Астафьева, О. Е. Ресурсная база промышленности строительных материалов как основа устойчивого развития экономики / О. Е. Астафьева // Вестник университета. — 2024. — № 1. — С. 105–111. — DOI 10.26425/1816-4277-2024-1-105-111. — Текст : непосредственный.
3. Астафьева, О. Е. Ресурсная база промышленного развития: теория и методология формирования : монография / О. Е. Астафьева, С. В. Сянин. — Москва : ГУУ, 2026. — 174, [1] с. — ISBN 978-5-215-03998-4. — Текст : непосредственный.
4. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2023 году / Министерство экономического развития Российской Федерации. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/ (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
5. Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.05.2016 № 868-р. — Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». — Текст : электронный.
6. ИТС 6-2024. Производство цемента : информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям : утверждён приказом Росстандарта от 16.09.2024 № 2231. — Москва : Бюро НДТ, 2024. — URL: https://burondt.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
7. Василик, Г. Ю. Цементная промышленность России в 2020 году / Г. Ю. Василик, Е. М. Еремина // Цемент и его применение. — 2020. — № 6. — Текст : непосредственный.
8. Гузь, В. А. Российская цементная промышленность в 2023 году / В. А. Гузь, Е. В. Высоцкий // Цемент и его применение. — 2023. — № 6. — Текст : непосредственный.
9. Гузь, В. А. Российская цементная промышленность в 2024 году / В. А. Гузь, Е. В. Высоцкий, А. В. Черников // Цемент и его применение. — 2025. — № 1. — Текст : непосредственный.
10. Потапова, Е. Н. Производство цемента / Е. Н. Потапова, М. А. Волосатова // Энциклопедия технологий 2.0: Производство неметаллов. — Москва : ФГАУ «НИИ „Центр экологической промышленной политики“», 2022. — С. 209–318. — Текст : непосредственный.
11. Производство цемента: аспекты повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду / Е. Н. Потапова, Т. В. Гусева, И. О. Тихонова [и др.] // Строительные материалы. — 2020. — № 9. — С. 15–20. — DOI 10.31659/0585-430X-2020-784-9-15-20. — Текст : непосредственный.
12. Декарбонизация цементной отрасли и развитие систем экологического и энергетического менеджмента / И. А. Башмаков, Е. Н. Потапова, К. Б. Борисов [и др.] // Строительные материалы. — 2023. — № 9. — С. 4–12. — DOI 10.31659/0585-430X-2023-817-9-4-12. — Текст : непосредственный.
13. 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. — Текст : непосредственный.
14. Сянин, С. В. Структурные изменения промышленности строительных материалов и их факторы / С. В. Сянин // Вестник университета. — 2025. — № 3. — С. 78–86. — DOI 10.26425/1816-4277-2025-3-78-86. — Текст : непосредственный.
15. Дегтярева, В. В. Исследование и развитие ESG-повестки на российском рынке в условиях геополитической обстановки в мире / В. В. Дегтярева, Д. А. Мурзинцева // Вестник университета. – 2023. – № 2. – С. 33-40. – DOI 10.26425/1816-4277-2023-2-33-40.
16. Израсходовано топливно-энергетических ресурсов. Фактический расход электроэнергии, теплоэнергии и топлива на единицу отдельных видов произведённой продукции и услуг : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
17. Производство продукции в натуральном выражении по полному кругу производителей : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
18. Средние цены на приобретённые промышленными организациями отдельные виды товаров : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
19. Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью предприятий : приказ Росстата от 11.08.2016 № 414 (утратил силу). — Доступ из справочно-правовой системы «Гарант». — Текст : электронный.
20. Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения № 4-ТЭР «Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов» : приказ Росстата от 11.12.2024 № 632. — Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». — Текст : электронный.

The energy component of the cement industry's resource base: assessing the efficiency of use and directions for optimisation

Sianin S.V.
State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The energy efficiency of the cement industry is usually assessed by specific fuel consumption for clinker burning. This paper assesses the use of the energy component of the industry's resource base across all energy carriers and per unit of final product, using Rosstat data for 2012–2025. An end-to-end indicator of energy consumption per tonne of cement is proposed that is robust to incomplete recording of clinker output. The decline in energy intensity has given way to stabilisation: over 2016–2025 fuel consumption per tonne of clinker fell by 7.4 % and combined consumption by 1.0 %, while end-to-end consumption per tonne of cement has not declined since 2019. Stabilisation is associated with the pause in the transition to the dry process and the growing share of cement without mineral additives. Kiln fuel is 90 % natural gas, and substituting electricity for fuel makes a unit of energy more expensive but widens the range of primary sources. Optimisation directions are assessed by energy consumption, its cost and the diversity of sources.

Keywords: cement industry, resource base, energy component, energy intensity, substitution of energy carriers, end-to-end energy consumption, primary energy sources, alternative fuel.

References

1. ITS 6-2022. Cement production: information and technical reference book on the best available techniques, approved by Rosstandart Order no. 3199 of 16.12.2022. Moscow, BAT Bureau, 2022. URL: https://burondt.ru (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
2. Astafyeva O. E. Resource base of the building materials industry as the basis for sustainable development of the economy. Vestnik Universiteta, 2024, no. 1, pp. 105–111. DOI 10.26425/1816-4277-2024-1-105-111. (In Russ.)
3. Astafyeva O. E., Sianin S. V. The resource base of industrial development: theory and methodology of formation. Moscow, State University of Management, 2026. 174 p. (In Russ.)
4. State report on energy saving and energy efficiency improvement in the Russian Federation in 2023. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/ (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
5. On approval of the Strategy for the development of the building materials industry up to 2020 and for the future up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation of 10.05.2016 no. 868-r. Access from the ConsultantPlus legal reference system. (In Russ.)
6. ITS 6-2024. Cement production: information and technical reference book on the best available techniques, approved by Rosstandart Order no. 2231 of 16.09.2024. Moscow, BAT Bureau, 2024. URL: https://burondt.ru (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
7. Vasilik G. Yu., Eremina E. M. The cement industry of Russia in 2020. Cement and its Applications, 2020, no. 6. (In Russ.)

Многомерная оценка социально-экономического неравенства регионов России

Убеев Иван Юрьевич
аспирант, УМЦ им. В.В. Жириновского, iubeev@gmail.com

В статье рассматривается социально-экономическое неравенство российских регионов на примере Москвы, Республики Татарстан и Забайкальского края. Демонстрируется, как различаются ресурсные возможности территорий и результаты, значимые для повседневной жизни населения. Использован сравнительный анализ открытых статистических данных за 2021–2023 гг. по инвестициям, доходам, заработной плате, безработице, бедности и ожидаемой продолжительности жизни. Москва демонстрирует концентрацию ресурсов и наиболее высокие показатели доходов. Татарстан сочетает инвестиционную активность с устойчивыми параметрами занятости и низкой бедностью. В Забайкальском крае инвестиции на душу населения превышают среднероссийский уровень, но это пока не устраняет отставание по бедности, безработице и продолжительности жизни. Сделан вывод о необходимости связывать инвестиционные решения с конкретными социальными эффектами на территории.

Ключевые слова: социально-экономическое неравенство, регионы России, инвестиции; доходы населения, бедность, занятость, региональная политика.

Неравенство между регионами заметно не только в статистических ресурсах. Оно проявляется в размере заработка, доступности работы, качестве социальной инфраструктуры и жизненных перспективах жителей. Различия территорий неизбежно влияют на возможности региона и его промышленный потенциал. Для нивелирования таких различий разные регионы получают инвестиции из федерального центра. Несмотря на помощь и инвестиции, эти особенности превращаются в устойчивый разрыв возможностей, который нельзя объяснить только одним статистическим показателем [1], [2].

Для оценки такого разрыва рискованно использовать только один параметр. Высокие инвестиции могут направляться в регион с высоким уровнем бедности, а сравнительно умеренные доходы часто коррелируют с хорошей занятостью и низкими социальными рисками. Поэтому для сравнения Москвы, Татарстана и Забайкальского края лучше использовать простой набор понятных показателей. Он не претендует на создание рейтинга, но позволяет увидеть, где именно находится слабое звено.

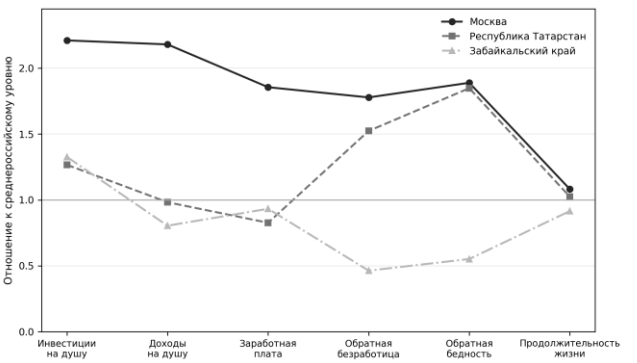
Раскрыть различия региональных моделей развития и обозначить практические направления их сокращения было решено на примере трех регионов. Москва выбрана как крупнейший центр концентрации ресурсов. Татарстан представляет индустриальный регион с диверсифицированной экономикой. Забайкальский край показывает ситуацию периферийной территории, для которой особенно важны расстояния, инфраструктура и качество связи крупных проектов с местной экономикой [3], [4].

Для сравнения факторов использовались опубликованные материалы Росстата, ЕМИСС и территориальных органов статистики [5]–[11]. Период 2021–2023 гг. позволяет говорить о свежей динамике без смешения несопоставимых рядов. Основной срез относится к 2023 г.: в источниках автора для него собраны все нужные показатели. Сведения за 2024–2025 гг. публикуются по разным направлениям с разным временным лагом, поэтому их включение без полного набора исказило бы сравнение.

В центре внимания шесть характеристик: инвестиции в основной капитал на душу населения, денежные доходы, среднемесячная заработная плата, безработица, бедность и ожидаемая продолжительность жизни. Вместо многоступенчатых формул каждый показатель сопоставляется со среднероссийским уровнем и рассматривается вместе с остальными. Такой подход удобен для прикладной интерпретации: он отвечает не на вопрос, кто занял место в условном рейтинге, а на вопрос, какие меры нужны конкретной территории [1], [3].

По результатам исследования, Москва занимает особую позицию. В 2023 г. инвестиции в основной капитал в расчёте на человека составили 514,8 тыс. руб., денежные доходы – 115 843 руб. в месяц, а среднемесячная заработная плата – 138 882 руб. Безработица находилась на уровне 1,8%, бедность – 4,5%, ожидаемая продолжительность жизни – 79,4 года [6], [9], [10], [11]. Эти показатели выше среднероссийских ориентиров почти по всем направлениям. Но столицу нельзя считать обычным регионом: здесь сосредоточены штаб-квартиры, финансовые потоки и федеральные функции. Кроме того, высокие номинальные доходы частично компенсируются стоимостью жилья и услуг.

Показатели Татарстана выглядит более сбалансированными по сравнению со среднероссийскими. Инвестиции на душу населения достигли 294,9 тыс. руб., доходы – 52 221 руб., заработная плата – 61 894,4 руб. [7]. При этом безработица составила 2,1%, бедность – 4,6%, ожидаемая продолжительность жизни – 75,2 года [9], [10], [11]. Доходы и заработная плата здесь не выше общероссийских значений, однако показатели занятости, бедности и продолжительности жизни создают устойчивый социальный профиль. Это важный пример того, что развитие территории определяется не одной денежной переменной.



Забайкальский край демонстрирует наиболее сложное сочетание факторов. Инвестиции на душу населения составили 308,9 тыс. руб., то есть превысили среднероссийский уровень. Однако доходы достигли лишь 42 757,9 руб., заработная плата – 69 830,3 руб.; безработица была 6,9%, бедность –

15,4%, ожидаемая продолжительность жизни – 67,2 года [8], [9], [10], [11]. Инвестиционный поток сам по себе не стал быстрым социальным результатом. Это не означает его бесполезности: эффект крупных проектов часто растянут во времени. Но без требований к занятости, подготовке кадров и развитию инфраструктуры он может остаться локальным.

График 1 – Сопоставление социально-экономических профилей регионов в 2023 г.

Источник: составлено автором по данным [5]–[11].

Сравнение профилей помогает увидеть, как регионы используют инвестиции в собственный капитал. Москва располагает наибольшими ресурсами и лучшими итоговыми показателями, что характерно для столицы РФ. Татарстан демонстрирует более сбалансированное сочетание возможностей и социальных результатов за счёт большого количества промышленных объектов, в том числе добывающих углеводороды. Забайкалье имеет инвестиционный потенциал, но нуждается в механизмах, которые связывают капитальные вложения с жизнью большинства населения. Именно эта связь, а не абсолютная величина инвестиций, должна быть предметом постоянного мониторинга [5]–[11].

Данные в динамике также важны. В Забайкальском крае номинальный объём инвестиций вырос с 96,2 млрд руб. в 2019 г. до 305,3 млрд руб. в 2023 г., а уровень бедности снизился с 20,8 до 15,4% [8], [9]. Тенденция положительная, но сохраняется разрыв с общероссийским уровнем показывает, что социальных изменений нельзя ожидать автоматически и одномоментно.

Для Москвы актуальна задача передачи части агломерационных эффектов другим территориям. Речь идёт о межрегиональных заказах, кооперации компаний с поставщиками из других субъектов, дистанционной занятости и образовательных программах. Такая политика не ограничивает развитие столицы, а делает её потенциал источником более широкого эффекта [3], [4].

Татарстану важно поддерживать сбалансированную траекторию. Это требует повышения производительности, развития технологического предпринимательства и расширения цепочек добавленной стоимости внутри региона. Отдельного внимания заслуживают малые и средние города: именно там можно уменьшать межгородские различия, не разрушая сильные стороны крупной промышленности [4].

Для Забайкальского края приоритетом должно стать качество инвестиций. При оценке проекта недостаточно учитывать сумму вложений. Нужны понятные показатели: сколько постоянных рабочих мест будет создано, какая доля закупок останется у местных предприятий, будут ли подготовлены кадры, улучшится ли транспортная и коммунальная инфраструктура. Для территорий с большой протяжённостью также важны доступная медицина, жильё и профессиональное образование. Эти меры делают инвестиции частью развития территории, а не отдельным производственным объектом [4].

Федеральная политика должна сочетать поддержку текущего уровня жизни и меры долгого роста. Первая группа помогает снизить уровень бедности. Вторая создаёт основу для занятости и доходов: дороги, энергетика, связь, образование, здравоохранение, доступ к рынкам. Разделять эти два направления нельзя. Одни трансферты не создадут экономическую базу, а одни инвестиции без социальных условий не гарантируют снижения неравенства [4].

Сравнительный анализ подтверждает многомерный характер регионального неравенства. Москва, Татарстан и Забайкальский край имеют не просто разные уровни показателей, а разные сочетания ресурсов и результатов. Москва лидирует по большинству позиций. Татарстан выделяется сбалансированностью. Забайкальский край показывает, что инвестиции выше среднероссийского уровня ещё не означают быстрого улучшения ситуации с бедностью, занятостью и продолжительностью жизни [6]–[11].

Главный практический вывод состоит в необходимости адресной региональной политики. Для одних территорий важна передача эффектов роста, для других необходимо укрепление сложившейся сбалансированной модели, для третьих – превращение инвестиций в рабочие места, доходы и доступные услуги.

Литература

1. Шаталова, О. М. Социально-экономическое неравенство регионов РФ: вопросы измерения и долгосрочная ретроспективная оценка / О. М. Шаталова, Е. В. Касаткина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 74–87. – DOI 10.15838/esc.2022.4.8.
2. Зубаревич, Н. В. Региональное развитие и региональная политика в России / Н. В. Зубаревич // ЭКО. – 2014. – № 4 (478). – С. 6–27.
3. Коломак, Е. А. Пространственная концентрация экономической активности в России / Е. А. Коломак // Пространственная экономика. – 2014. – № 4. – С. 82–99.
4. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 г. № 4146-р [Электронный ресурс]. – URL: https://government.ru/docs/all/157308/ (дата обращения: 10.09.2026).
5. Российский статистический ежегодник. 2024 : статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – М. : Росстат, 2024. – 630 с.
6. Москва в цифрах. 2023 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по г. Москве. – М. : Мосстат, 2024.
7. Республика Татарстан : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан. – Казань : Татарстанстат, 2024. – 37 с.
8. Забайкальский край в цифрах. 2025 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Забайкальскому краю. – Чита : Забайкалкрайстат, 2025. – 77 с.
9. Уровень бедности : статистический показатель // Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/59577 (дата обращения: 10.09.2026).
10. Уровень безработицы (по методологии МОТ) : статистический показатель // Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/43062.do (дата обращения: 10.09.2026).
11. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении: статистический показатель // Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/60380 (дата обращения: 10.09.2026).

Multidimensional assessment of socio-economic inequality among Russian regions

Ubeev I.Yu.
V.V. Zhirinovsky Training and Methodological Center

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines socio-economic inequality among Russian regions through the cases of Moscow, the Republic of Tatarstan and Zabaykalsky Krai. The article demonstrates how territorial resources relate to outcomes that matter for residents' daily lives. A comparative analysis of open statistical data for 2021–2023 covers investment, income, wages, unemployment, poverty and life expectancy. Moscow combines a concentration of resources with the highest income indicators. Tatarstan combines investment activity with stable employment and low poverty. In Zabaykalsky Krai, investment per capita exceeds the Russian average, but this has not yet eliminated gaps in poverty, unemployment and life expectancy. The paper concludes that investment decisions should be linked to measurable social effects within a territory.

Keywords: socio-economic inequality, Russian regions, investment, household income, poverty, employment, regional policy.

References

1. Shatalova, O. M., & Kasatkina, E. V. (2022). Socio-economic inequality among the regions of the Russian Federation: Issues of measurement and long-term retrospective assessment. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 15(4), 74–87. DOI: 10.15838/esc.2022.4.8.
2. Zubarevich, N. V. (2014). Regional development and regional policy in Russia. *ECO*, (4), 6–27.
3. Kolomak, E. A. (2014). Spatial concentration of economic activity in Russia. *Journal of Spatial Economics*, (4), 82–99.
4. Strategy for the Spatial Development of the Russian Federation for the Period up to 2030, with a Forecast up to 2036: Order of the Government of the Russian Federation dated December 28, 2024, No. 4146-r [Electronic resource]. URL: https://government.ru/docs/all/157308/ (accessed: September 10, 2026).
5. Russian Statistical Yearbook. 2024: Statistical Compendium. Federal State Statistics Service (Rosstat), 2024. 630 p.
6. Moscow in Figures. 2023: Concise Statistical Compendium. Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the City of Moscow. – Moscow: Mosstat, 2024.
7. Republic of Tatarstan: A Brief Statistical Compendium / Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Tatarstan. – Kazan: Tatarstanstat, 2024. – 37 p.
8. Zabaykalsky Krai in Figures. 2025: A Brief Statistical Compendium / Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Zabaykalsky Krai. – Chita: Zabaykalkraystat, 2025. – 77 p.
9. Poverty Rate: Statistical Indicator // Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS) [Electronic resource]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/59577 (accessed: 10.09.2026).
10. Unemployment Rate (based on ILO methodology): Statistical Indicator // Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS) [Electronic resource]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/43062.do (accessed: 10.09.2026).
11. Life Expectancy at Birth: Statistical Indicator // Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS) [Electronic resource]. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/60380 (accessed: 10.09.2026).

Современное состояние молочного скотоводства Саратовской области и пути развития

Урынгалиева Айжана Арыстановна
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, aizhana09@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы состояния развития и возможности использования современных технологий в молочном скотоводстве Саратовской области. Исследование проводилось на основании данных, представленных Федеральной службой государственной статистики и Отчёта о состоянии агропромышленного комплекса Саратовской области в открытом доступе. Была поставлена цель – оценить состояние и перспективы развития молочного скотоводства Саратовской области, поиск направлений повышения продуктивности и рентабельности производства молочной продукции. В качестве решения вопросов развития отрасли предлагаются изучить такие инновационные направления как: роботизация производства, внедрение блокчейн. Вместе с тем стоит обратить внимание на улучшение кормовой базы на предприятиях, вопросам подготовки кадров нового поколения, активизаций государственных программ. Внедрение технологических решений должно привести к автоматизации и оптимизации производственного процесса в молочном скотоводстве, ускорить переход к интенсивной модели развития, повысить эффективность развития отрасли.

Ключевые слова: молочное скотоводство, автоматизация производства, оптимизация, экономическая эффективность, ресурсы, роботизация производства, блокчейн, формирование кластеров, улучшение кормовой базы, подготовка кадров.

Введение

В настоящее время проблемы развития молочного скотоводства Саратовской области заключаются в снижении продуктивности и рентабельности производства, обусловленных устаревшей материально-технической базой, дефицитом инвестиций и кадров, ограниченной доступностью современных инновационных технологий и инфраструктуры [2]. Одновременно, среди прочего на развитие и внедрение инновационных технологии в молочном скотоводстве влияют такие факторы как пандемия, санкции и политическая напряженность [5].

Значимость развития молочного скотоводства определяется его вкладом в продовольственную безопасность страны, социально-экономическую устойчивость сельских территорий и формирование интеграционного потенциала АПК. В соответствии с целями Государственной программы развития сельского хозяйства Российской Федерации на 2021–2030 гг. и Стратегии социально-экономического развития Саратовской области до 2035 г. приоритетными задачами отрасли являются повышение производительности, технологическая модернизация, оптимизация структуры производства и развитие взаимодействия в цепочке «производство – переработка – сбыт»[3,4].

Цель исследования — выявление и систематизация ключевых проблем развития молочного скотоводства Саратовской области и обоснование направлений повышения его эффективности в контексте региональной агропромышленной политики.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

проанализировать динамику развития отрасли за 2015–2024 гг.;

оценить структуру производства и показатели хозяйств различных форм собственности;

выявить экономические, технологические и организационные ограничения развития;

обосновать приоритетные направления повышения конкурентоспособности и устойчивости молочного производства.

Методы исследования включают системный, сравнительно-аналитический, статистический, экономико-математический и графический анализ. В работе использованы данные Федеральной службы государственной статистики, Министерства сельского хозяйства Саратовской области, а также материалы научных публикаций и отраслевых отчётов.

Результаты

Согласно экономическим теориям агропромышленного производства, результативность функционирования отрасли можно представить как функцию от четырёх групп факторов:

Природно-ресурсных (земельные, климатические и кормовые условия);

- Производственно-технических (оснащённость оборудованием, технологии содержания, селекционная работа);
- Экономических (цены на продукцию и ресурсы, уровень господдержки, доступность кредитов);
- Организационно-социальных (форма хозяйствования, квалификация работников, кооперация и интеграция).

Анализ взаимодействия этих факторов позволяет не только выявить текущие диспропорции, но и оценить потенциал роста при изменении условий функционирования.

В Саратовской области действуют свыше 900 сельскохозяйственных организаций, 2,3 тыс. фермерских хозяйств и множество личных подсобных хозяйств (ЛПХ), где доля молочного животноводства в общем объёме валовой продукции сельского хозяйства региона составляет около 28–30 %. Данные показатели говорят о большой роли молочного скотоводства в развитии аграрной экономики области [2].

На сегодня в отрасли молочного скотоводства региона наблюдается тенденция сокращения численности поголовья, что объясняется укрупнением производства и уходом малых хозяйств. В крупных хозяйствах наблюдается модернизация производства, автоматизация систем кормления, контроль здоровья животных, внедрение доильных залов, роботизация производства.

Как видно из таблицы 1, численность коров сократилась почти на 20 %, при этом валовой объём производства молока снизился незначительно, что объясняется ростом продуктивности — почти на четверть. Однако экономическая эффективность отрасли снижается: себестоимость растёт быстрее цен реализации, что ведёт к падению рентабельности.

Таблица 1
Динамика показателей молочного скотоводства Саратовской области (2015–2024 гг.)

Показатель	2015	2020	2024	Изменение, %
Поголовье коров, тыс. голов	214	186	172	−19,6
Валовое производство молока, тыс. т	784	745	768	−2,0
Среднегодовой удой на 1 корову, кг	3 665	4 010	4 460	+21,6

Доля сельхозорганизаций в производстве молока, %	43	52	58	+15,0 п.п.
Себестоимость 1 т молока, руб.	20 300	26 700	31 200	+53,7
Уровень рентабельности, %	8,5	6,1	4,9	−3,6 п.п.

Примечание: Составлено автором на основе данных Росстат [1]

Доля сельскохозяйственных организаций в производстве молока увеличилась с 43 % до 58 %, однако около 40 % продукции по-прежнему производится в личных подсобных хозяйствах. Такая структура ограничивает возможности технологической модернизации и роста производительности труда.

Наиболее развитые районы молочного скотоводства — Балашовский, Ртищевский, Татищевский, Вольский и Энгельсский, где сосредоточено свыше 60 % всего промышленного поголовья (табл.2). В южных и восточных районах (Пугачёвский, Озинский, Дергачёвский) развитие ограничено дефицитом влаги и кормовой базы.

Таблица 2

Территориальное распределение поголовья и удоев (2024 г.)

Район	Поголовье, тыс. голов	Средний удой, кг/гол	Удельный вес в региональном производстве, %
Балашовский	27,5	4 980	14,2
Ртищевский	22,1	4 820	11,9
Вольский	18,4	4 750	9,8
Татищевский	17,2	4 900	9,5
Энгельсский	15,0	5 100	8,6
Прочие районы	72,0	4 100	46,0

Примечание: Составлено автором на основе Отчета Минсельхоза СО [2]

Дифференциация между районами достигает почти 1000 кг удоя на корову, что отражает различия в уровне механизации, качестве кормов и управленческой культуре хозяйств.

Вместе с тем в отрасли молочного скотоводства имеется ряд серьезных проблем, в частности: около 65 % ферм используют устаревшее оборудование, менее чем в 20 % хозяйств используется автоматизированное производство, корма собственного производства составляют лишь 70 % нормативной потребности.

Также в отрасли наблюдается дефицит квалифицированных кадров, приток молодых специалистов очень ограничен, молодежь менее охотно идут в данную отрасль из-за низкой заработной платы в сравнении среднеобластного на 25–30 %. Это приводит к оттоку трудовых ресурсов и снижению привлекательности сельской жизни. Необходимо рассмотреть вопросы не только материального стимулирования труда, но и создание социально-бытовых условий, возможность профессионального развития, подготовить социальный пакет услуг для сотрудников сельского производства [5].

Средний возраст операторов машинного доения превышает 50 лет. Образовательные учреждения региона (Саратовский ГАУ, сельскохозяйственные техникумы) ежегодно выпускают менее 200 специалистов животноводческого профиля, что не покрывает потребности отрасли.

Кормопроизводство является узким местом в обеспечении эффективности молочного скотоводства. В структуре посевных площадей Саратовской области доля кормовых культур за 2015–2024 гг. сократилась с 26 до 18 %, что привело к росту зависимости от закупных концентратов и удорожанию себестоимости продукции. Средняя обеспеченность кормами собственного производства составляет около 70 % от нормативной потребности.

Переработка молока осуществляется на 14 крупных и средних предприятиях, включая ООО «Молочный комбинат Энгельсский», ООО «Пугачевские молочные продукты», ООО «Комбинат детского питания», ООО «Саратовский молочный комбинат» и др. При этом перерабатывающие мощности загружены в среднем на 60–65 %, что обусловлено сезонностью поставок и неравномерностью производства. Доля переработанного молока в общем объёме составляет около 82 %.

Инфраструктура сбыта и логистики недостаточно развита: около 40 % малых хозяйств не имеют доступа к холодильным пунктам и вынуждены реализовывать продукцию в сыром виде посредникам. Это снижает маржу и тормозит формирование кооперативных связей.

Для преодоления выявленных диспропорций требуется системное сочетание экономических, институциональных и инновационных мер, направленных на повышение производительности, снижение себестоимости и расширение переработки внутри региона.

Основные результаты

Вопросы развития молочного скотоводства Саратовской области связаны с переходом к интенсивной, технологически насыщенной модели: роботизированные доильные залы [8] и автоматизация ключевых операций, селекционно-племенная работа (искусственное осеменение, эмбриотрансфер, расширение доли племенного ядра), точное кормопроизводство (сенаж/силос с контролем сухого вещества, сенсоры влажности, капельное орошение), а также цифровой мониторинг стада и затрат (ERP/маржинальный учёт по партиям, телеметрия здоровья и продуктивности). Этот блок должен сочетаться с инструментами господдержки: субсидии «на литр», льготное кредитование, гранты «Агростартап», меры программы «Комплексное развитие сельских территорий», а также региональные субсидии на модернизацию, племенную работу и кооперацию. Ключевой организационный вектор — формирование кластеров: производственно-перерабатывающих узлов с холодовыми пунктами и логистикой «молоко–переработка–сбыт», что снижает транзакционные издержки и стабилизирует цены.

Необходимо отметить, что огромное значение имеет правильная организация кормления животных, правильное питание составляет в среднем 50%-60% эффективности производства молока [10].

Хорошим решением в повышении эффективности функционирования молочного скотоводства является применение отечественных и зарубежных автоматизированных систем доения, что увеличит среднюю частоту доения, повысит производство молока и снизит затраты на рабочую силу [7].

Использование таких инновации как блокчейн-технологии предполагает предотвращение мошенничества в системе поставки молока от производителя до потребителя путем управления цепочки поставки, которое включает в себя безопасность данных о ходе транспортировки, хранения молока и молочных продуктов, а также дает возможность розничным продавцам и потребителям получать информацию о свежести и безопасности продукции [9].

Повышение экономической эффективности опирается на масштабирование практик успешных хозяйств региона: договоры с переработчиками с формульным ценообразованием, контрактное кормопроизводство, сервис-аутсорсинг (ветеринария, ИТ-учёт), а также «зелёные» решения, напрямую влияющие на себестоимость и устойчивость — биогазовые установки (утилизация навоза и генерация энергии/тепла), компостирование и возврат органики в почву, ресурсосберегающие технологии воды и энергии. Совокупность этих мер позволяет одновременно увеличить продуктивность, снизить волатильность себестоимости, улучшить качество сырья и экологические показатели, а следовательно — укрепить конкурентоспособность молочного подкомплекса области в средне- и долгосрочной перспективе.

Полученные результаты подтверждают выводы предыдущих исследований о структурных проблемах молочного скотоводства, но дополняют их региональным анализом, выявляющим системную взаимосвязь экономических, технологических и социальных факторов. Рост продуктивности на фоне сокращения поголовья свидетельствует о частичной интенсификации производства, однако её эффект нивелируется ростом себестоимости и низкой инвестиционной активностью.

Фрагментированная структура производства, слабая кооперация и ограниченная интеграция с переработкой усиливают рыночные риски и ценовую нестабильность. Кадровый дефицит и старение персонала снижают инновационный потенциал отрасли, а инфраструктурные и экологические ограничения формируют дополнительные барьеры устойчивого развития.

Перспективы развития связаны с переходом к интенсивной модели производства, основанной на технологической модернизации, цифровизации, развитии племенной базы и кормопроизводства, формировании региональных молочных кластеров и расширении кооперации. Важную роль играет дифференцированная государственная поддержка с учётом размеров и эффективности хозяйств.

Заключение

Проведённый анализ показал, что молочное скотоводство Саратовской области остаётся стратегически важной отраслью регионального агропромышленного комплекса, обеспечивающей продовольственную безопасность, занятость и развитие сельских территорий. Вместе с тем выявленные тенденции — сокращение поголовья, рост себестоимости, устаревшая материально-техническая база, автоматизация производства и кадровый дефицит — указывают на системный характер проблем, требующих комплексного решения на межведомственном и региональном уровнях.

Ключевые направления стабилизации и развития отрасли связаны с технологической модернизацией, формированием устойчивой кормовой базы, расширением племенной работы, внедрением цифровых и ресурсосберегающих решений. Необходима активизация государственной поддержки, в том числе через дифференцированные субсидии для малых и средних хозяйств, развитие кооперации, стимулирование инвестиций и создание региональных молочных кластеров. Важную роль играет подготовка кадров нового поколения — операторов цифровых систем, технологов, ветеринарных специалистов и агроаналитиков.

Рекомендовано расширять внедрение инновационных инструментов управления (ERP-систем, платформ дистанционного мониторинга), развивать переработку и сбытовую инфраструктуру, а также внедрять «зелёные» технологии — биогазовые установки, компостирование, энергоэффективные решения. Эти меры позволят повысить конкурентоспособность, снизить себестоимость и обеспечить устойчивость производства.

Использование инновационных технологии, цифровизация отрасли дадут положительный эффект в интеграции новых технологии в молочное скотоводство только при достижении тесного сотрудничества и координации между участниками цепочки поставок.

Перспективы дальнейших исследований включают количественную оценку эффективности программ господдержки, анализ экономических эффектов цифровизации и формирование комплексных моделей прогнозирования развития

молочного скотоводства на уровне региона с учётом климатических, экономических и демографических факторов. Реализация предложенных направлений создаст условия для устойчивого и инновационно ориентированного роста молочной отрасли Саратовской области.

Молочное скотоводство Саратовской области остаётся стратегически значимой отраслью регионального АПК, однако его развитие сдерживается совокупностью экономических, технологических и кадровых ограничений. Для обеспечения устойчивого роста необходим комплекс мер, направленных на модернизацию производственной базы, развитие кормовой и племенной инфраструктуры, укрепление кадрового потенциала и формирование эффективных интеграционных связей.

Реализация предложенных направлений позволит повысить конкурентоспособность молочного производства, снизить себестоимость и обеспечить долгосрочную устойчивость отрасли в условиях трансформации аграрной экономики.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Сельское хозяйство в России: статистический сборник. – М.: Росстат, 2024. – 212 с. https://rosstat.gov.ru/
2. Министерство сельского хозяйства Саратовской области. Отчёт о состоянии агропромышленного комплекса Саратовской области за 2024 год. – Саратов: Минсельхоз СО, 2025. – 98 с. https://minagro.saratov.gov.ru/targetedprograms/
3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: утв. постановлением Правительства РФ от 19.02.2026 г. № 157. http://government.ru/docs/all/83508/
4. Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года и на перспективу до 2036 года. – Саратов: Правительство Саратовской области, 2025. – 126 с. https://www.economy.gov.ru/material/file/download/932e8291256897a8ab494579a555e1d8/proekt_strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_saratovskoy_oblasti_do_2030_goda_i_na_perspektivu_do_2036_goda.pdf
5. Семенов В. А., Петрова Л. И. Социальная инфраструктура села как фактор закрепления кадров в сельском хозяйстве // Региональная экономика: теория и практика. – 2021. – Т. 19. – № 5. – С. 985\988 – 1006.
6. Hassoun, A., et al. (2023). Birth of dairy 4.0: Opportunities and challenges in adoption of fourth industrial revolution technologies in the production of milk and its derivatives. Current Research in Food Science, 7, 100535 https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100535
7. Hogenboom, J.A. et al. (2019). Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. Journal of Dairy Science, Volume 102, Issue 9p7640-7654. https://doi.org/10.3168/jds.2018-16013
8. Ji, B., et al. (2022). A machine learning framework to predict the next month's daily milk yield, milk composition and milking frequency for cows in a robotic dairy farm. Journal of Biosystems Engineering, Volume 216, Pages 186-197 https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.02.013
9. Makarov, E. et al. (2019). Conceptual Approaches to the Quality System of Dairy Products Based on the Blockchain Technology. Part of the book series: Studies in Computational Intelligence ((SCI,volume 826)), pp 1059–1069. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13397-9_109
10. Righi, R., et al. (2020). Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. Journal of Computers and Electronics in Agriculture, Volume 169, 105156. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105156

Current state of dairy farming in the Saratov region and development paths

Uryngaliyeva A.A.

N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the current state of development and potential use of modern technologies in dairy farming in the Saratov Region. The study was conducted using data provided by the Federal State Statistics Service and the publicly available Report on the State of the Agro-Industrial Complex of the Saratov Region. The objective was to assess the current state and development prospects of dairy farming in the Saratov Region and identify ways to improve the productivity and profitability of dairy production. To address industry development issues, innovative approaches such as robotic production and blockchain implementation are proposed. At the same time, attention should be paid to improving the feed supply at enterprises, training a new generation of personnel, and activating government programs. The implementation of technological solutions should lead to the automation and optimization of the production process in dairy farming, accelerate the transition to an intensive development model, and improve the efficiency of the industry.

Keywords: dairy cattle breeding, production automation, optimization, economic efficiency, resources, production robotization, blockchain, cluster formation.

References

1. Federal State Statistics Service (Rosstat). Agriculture in Russia: Statistical Compendium. – Moscow: Rosstat, 2024. – 212 p. https://rosstat.gov.ru/
2. Ministry of Agriculture of the Saratov Region. Report on the State of the Agro-Industrial Complex of the Saratov Region for 2024. – Saratov: Ministry of Agriculture of the Saratov Region, 2025. – 98 p. https://minagro.saratov.gov.ru/targetedprograms/
3. State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials, and Food: approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated February 19, 2026, No. 157. http://government.ru/docs/all/83508/
4. Strategy for the Socio-Economic Development of the Saratov Region up to 2030 and for the period leading up to 2036. – Saratov: Government of the Saratov Region, 2025. – 126 p. https://www.economy.gov.ru/material/file/download/932e8291256897a8ab494579a555e1d8/proekt_strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_saratovskoy_oblasti_do_2030_goda_i_na_perspektivu_do_2036_goda.pdf
5. Semenov V. A., Petrova L. I. Rural Social Infrastructure as a Factor in Retaining Personnel in Agriculture // Regional Economics: Theory and Practice. – 2021. – T. 19. – No. 5. – P. 985\988 – 1006.
6. Hassoun, A., et al. (2023). Birth of dairy 4.0: Opportunities and challenges in adoption of fourth industrial revolution technologies in the production of milk and its derivatives. Current Research in Food Science, 7, 100535 https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100535
7. Hogenboom, J.A. et al. (2019). Invited review: Hygienic quality, com-position, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. Journal of Dairy Science, Volume 102, Issue 9p7640-7654. https://doi.org/10.3168/jds.2018-16013
8. Ji, B., et al. (2022). A machine learning framework to predict the next month's daily milk yield, milk composition and milking frequency for cows in a robotic dairy farm. Journal of Biosystems Engineering, Volume 216, Pages 186-197 https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.02.013
9. Makarov, E. et al. (2019). Conceptual Approaches to the Quality System of Dairy Products Based on the Blockchain Technology. Part of the book se-ries: Studies in Computational Intelligence ((SCI,volume 826)), pp. 1059–1069. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13397-9_109
10. Righi, R., et al. (2020). Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. Journal of Computers and Electronics in Agriculture, Volume 169, 105156. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105156

Адаптация инструментов бережливого производства и методика оценки их эффективности в условиях единичного и мелкосерийного типа производства (на примере предприятий ракетно-космического машиностроения)

Фадеев Артём Владиславович
Инженер по нормированию труда, АО «РКЦ «Прогресс», titr1.k@yandex.ru

Статья посвящена проблеме адаптации концепции бережливого производства к условиям единичного и мелкосерийного производства на предприятиях ракетно-космического машиностроения. Особое внимание уделяется ограничениям классических методов оценки эффективности улучшений, основанных на сравнении показателей «до и после», в ситуациях отсутствия статистической базы и нецикличности производственных процессов. Целью исследования является разработка методического подхода, позволяющего оценивать экономический эффект от внедрения инструментов бережливого производства на основе сопоставления фактических затрат труда с технически обоснованной нормой, скорректированной на коэффициенты адаптации. Методологическую базу работы составили системный анализ, методы технического нормирования труда и экономико-математическое моделирование. Результатом исследования является формализованная методика оценки эффекта, включающая расчет эталонной трудоемкости, а также учет сокращения длительности производственного цикла и затрат на реализацию мероприятий. Сделан вывод о практической применимости предложенного подхода в деятельности инженеров по организации и нормированию труда на предприятиях отрасли.

Ключевые слова: бережливое производство, единичное производство, мелкосерийное производство, оценка эффективности, ракетно-космическое машиностроение, производственный менеджмент.

Введение

Современный этап развития ракетно-космической отрасли характеризуется одновременным действием двух факторов. С одной стороны, ужесточаются требования государственных заказчиков к снижению себестоимости продукции и повышению операционной эффективности, что обусловлено необходимостью повышения конкурентоспособности отечественной космической техники [7, с. 111].

С другой стороны, преобладание единичного и мелкосерийного типов производства существенно ограничивает возможности прямого заимствования инструментов повышения эффективности, разработанных для массового производства [11, с. 156].

Бережливое производство, основополагающие принципы которого сформулированы в трудах Т. Оно и Дж. Вумека, ориентировано на выявление и устранение потерь в повторяющихся, циклических процессах [9, с. 34; 3, с. 52]. Применение классических инструментов данной концепции в условиях изготовления уникальных изделий ракетно-космической техники сталкивается с методологическими трудностями, главной из которых является отсутствие устойчивой статистической базы для сравнения результатов «до» и «после» [2, с. 29].

Ключевую роль в разрешении данного противоречия играет система нормирования труда. Именно инженер по организации и нормированию труда формирует информационную базу, на основе которой оцениваются трудоемкость, длительность цикла и экономическая эффективность производственных процессов [6, с. 55]. Однако классические методы технического нормирования, ориентированные на массовый выпуск, также требуют адаптации к условиям единичного производства.

Целью настоящего исследования является разработка методического подхода к оценке экономической эффективности внедрения инструментов бережливого производства на предприятиях с единичным и мелкосерийным типом организации производства. Задачи исследования: выявить ограничения классических инструментов бережливого производства в ракетно-космическом машиностроении; обосновать переход от сравнения «с фактом» к сравнению «с технически обоснованной нормой»; предложить систему коэффициентов адаптации для корректной оценки устраняемых потерь.

Литературный обзор

Теоретические основы бережливого производства заложены в работах Т. Оно и Дж. Вумека, которые рассматривали производственную систему как совокупность взаимосвязанных потоков, подлежащих непрерывному совершенствованию [9, 3]. В отечественной литературе вопросы внедрения инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях исследуются достаточно активно.

Так, Бахматова и Бахматов анализируют тенденции и перспективы внедрения инструментов бережливого производства, отмечая отсутствие единой методики оценки их эффективности на российских предприятиях [1, с. 773]. Смирнов и Сорокин рассматривают практику применения бережливого производства в российских компаниях, указывая на специфические барьеры, связанные с типом производства [10, с. 58]. Беляева и Хальметов акцентируют внимание на бережливом производстве как факторе повышения конкурентоспособности, подчеркивая необходимость адаптации инструментов к отраслевым особенностям [2, с. 29].

Проблемы оперативного планирования в условиях мелкосерийного и единичного производства освещены в работе Ткаченко, Бардовского и Колесниковой [11, с. 156]. Вопросы цифровизации подходов к организации и нормированию труда рассматриваются Долженко и Малышевым [6, с. 55]. Гришина, Шишкин, Савина и Быкова исследуют процессы совершенствования нормирования труда на предприятиях [4, с. 94].

Отдельного внимания заслуживает исследование Левенцова, Зайцевой, Мухановой и Леоновой, посвященное методике расчета экономической эффективности от внедрения инструментов бережливого производства [8, с. 22]. Однако данная методика ориентирована преимущественно на массовое производство и предполагает наличие репрезентативной выборки данных за прошлые периоды.

Анализ публикаций показывает, что для единичного и мелкосерийного производства, где каждое изделие уникально, а операции выполняются однократно, требуется специальный методический аппарат, интегрирующий инструменты нормирования труда и бережливого производства.

Материалы и методы

Методологическую основу исследования составили общенаучные методы анализа и синтеза, методы технического нормирования труда, элементы

экономико-математического моделирования, а также системный подход к управлению производственными системами.

Информационной базой послужили публикации в рецензируемых научных журналах по проблемам бережливого производства, организации и нормирования труда, а также обобщенные данные о специфике производственных процессов на предприятиях ракетно-космического машиностроения. Исследование носит теоретико-методологический характер; для иллюстрации работоспособности предлагаемой методики используются модельные (условные) данные, не привязанные к конкретному предприятию.

В качестве базового инструмента формализации используется технически обоснованная норма времени (ТОН), понимаемая как расчетная трудоемкость изготовления изделия при условии оптимальной организации труда и отсутствии потерь. Предлагаемый подход предполагает переход от сравнения фактических показателей с историческими данными к сравнению с эталонной величиной, скорректированной на коэффициенты, отражающие специфику единичного производства.

Результаты

В рамках исследования получены следующие результаты:

Выявлены и систематизированы ограничения классических методов оценки эффективности бережливого производства применительно к единичному типу производства. К ним отнесены: отсутствие базовой линии для сравнения, усложнение нормирования труда из-за частых изменений конструкторской документации, неоднородность партий запуска и сложность стоимостной оценки потерь в наукоемком производстве [5, с. 88; 7, с. 708].

Предложена методика оценки эффекта, основанная на расчете эталонной трудоемкости. Нормативная трудоемкость изготовления изделия определяется по формуле:

$$T_н = \Sigma\, t_{шт\ i} + t_{пз\ i}, \quad (1)$$

где $T_н$ — технически обоснованная норма времени, нормо-часы; $t_{шт\ i}$ — штучное время i-й операции; $t_{пз\ i}$ — подготовительно-заключительное время i-й операции.

Для учета специфики единичного производства вводится коэффициент адаптации нормы:

$$K_{ад} = K_{ос} \times K_{кд} \times K_{п}, \quad (2)$$

где K_ос — коэффициент освоения операции (рекомендуемый диапазон 1,15–1,5); $K_{кд}$ — коэффициент учета изменений конструкторской документации (1,0–1,3); $K_{п}$ — коэффициент переналадки.

Уточненная эталонная трудоемкость рассчитывается как:

$$T_э = T_н \times K_{ад}. \quad (3)$$

Экономический эффект от внедрения инструмента бережливого производства определяется по формуле:

$$Э_т = T_ф - T_э, \quad (4)$$

где $T_ф$ — фактическая трудоемкость до внедрения мероприятия, зафиксированная в системе учета.

Дополнительно учитывается эффект от сокращения длительности производственного цикла:

$$Э_ц = \Delta t_ц \times З_{нзп} \times r, \quad (5)$$

где Δt_ц — сокращение длительности цикла, дни; $З_{нзп}$ — средняя стоимость незавершенного производства за день пролеживания, руб.; r — ставка приведения.

Совокупный годовой экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$Э_Σ = Э_т + Э_ц - З_{реал}, \quad (6)$$

где $З_{реал}$ — затраты на реализацию мероприятия.

Также, выполнена апробация методики на модельном примере. При нормативной трудоемкости $T_н$ = 40 нормо-часов и коэффициенте адаптации $K_{ад}$ = 1,3 эталонная трудоемкость составила 52 нормо-часа. Фактическая трудоемкость до улучшений — 68 нормо-часов, после внедрения мероприятий по организации рабочего места и адресному хранению оснастки — 59 нормо-часов. Эффект по формуле (4) составляет 9 нормо-часов. При стоимости нормо-часа 2500 руб. экономия на одной детали составляет 22 500 руб, или 13,23%.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной причиной низкой результативности внедрения бережливого производства в единичном производстве является не отсутствие резервов для улучшений, а отсутствие корректного инструментария их измерения. Классический подход сравнения «до и после» не работает в условиях, когда базовая линия отсутствует, а фактические данные несопоставимы между периодами.

Предложенная методика устраняет данный недостаток за счет перехода к эталонному сравнению. Технически обоснованная норма, скорректированная на коэффициенты адаптации, выполняет функцию базовой линии, что позволяет оценивать эффект даже при первом изготовлении изделия. Это принципиально отличает предлагаемый подход от методик, описанных в литературе, где база для сравнения формируется на основе исторических данных.

Введение коэффициентов адаптации является ключевым элементом методики, поскольку позволяет снять типичные возражения производственного персонала о «заниженности норм» и объективно учесть сложность освоения новой продукции.

Ограничением настоящего исследования является его теоретико-методологический характер: апробация выполнена на условных данных. Для эмпирической валидации методики требуется ее применение на реальных производственных процессах с последующим накоплением статистики по коэффициентам адаптации. Перспективным направлением является интеграция методики с MES-системами для автоматизированного расчета эффекта.

Заключение

В результате исследования разработан методический подход к оценке экономической эффективности внедрения инструментов бережливого производства на предприятиях с единичным и мелкосерийным типом организации производства. Подход базируется на замене традиционного сравнения «с фактом» сравнением с эталонной величиной — технически обоснованной нормой, скорректированной на коэффициенты адаптации, учитывающие освоение операции, изменения конструкторской документации и длительность переналадки.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенная методика может быть встроена в существующие на предприятиях РКО системы нормирования труда без значительных затрат на информатизацию. Инженеры по организации и нормированию труда получают объективный инструмент обоснования эффекта от улучшений, что способствует повышению доверия руководства к программам бережливого производства.

Перспективой дальнейших исследований является эмпирическая апробация методики на реальных производственных данных, а также ее интеграция с цифровыми системами управления производством для автоматизации расчетов коэффициентов адаптации.

Литература

1. Бахматова Т. Г., Бахматов М. С. Тенденции и перспективы внедрения инструментов бережливого производства // Известия Байкальского государственного университета. 2022. Т. 32, № 4. С. 771–778.
2. Беляева Е. А., Хальметов А. А. Бережливое производство как фактор повышения конкурентоспособности производства // Безопасность и качество товаров: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Саратов, 15 июля 2019 г.) / под ред. С. А. Богатырева. Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2019. С. 28–31.
3. Вумек Дж., Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2021. 472 с.
4. Гришина С. А., Шишкин А. Н., Савина И. В., Быкова М. В. Совершенствование процессов нормирования труда на предприятиях // Наука и образование: будущее и цели устойчивого развития: материалы XVI Междунар. науч. конф. (Москва, 27 ноября 2020 г.). В 4 ч. Ч. 2. М.: Московский университет им. С. Ю. Витте, 2020. С. 93–99.
5. Давыдова Н. С., Клочков Ю. П. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика: монография. М.: Академия Естествознания, 2012. 111 с.
6. Долженко Р. А., Малышев Д. С. Цифровизация подходов к организации и нормированию труда на промышленном предприятии // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2021. Т. 19, № 4. С. 54–66.
7. Королёва Д. Инновационное развитие предприятий ракетно-космической промышленности // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики (Красноярск, 12–16 апреля 2021 г.). В 3 т. Т. 3. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2021. С. 111–112.
8. Левенцов В. А., Зайцева В. Д., Муханова Н. В., Леонова О. В. Методика расчета экономической эффективности от внедрения инструментов бережливого производства // Передовые производственные технологии: компьютерные (суперкомпьютерные) технологии и организация наукоемких производств: сб. тезисов докладов Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 26 мая 2023 г.). СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. С. 21–31.
9. Оно Т. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства / Пер. с англ. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2020. 208 с.
10. Смирнов С. А., Сорокин Г. С. Применение бережливого производства в российских компаниях // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2022. Т. 16, № 4. С. 55–67.
11. Ткаченко Н. В., Бардовский Т. Ю., Колесникова О. В. Особенности оперативного планирования в условиях предприятий с мелкосерийным и единичным характером // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 88-2. С. 155–158.
12. Фатхутдинов Р. А. Организация производства: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим и техническим специальностям. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2007. 544 с.

Adaptation of lean manufacturing tools and methodology for evaluating their efficiency in single-unit and small-batch production (on the example of rocket and space engineering enterprises)

Fadeev A.V.
Labor Rationing Engineer

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article addresses the problem of adapting the lean manufacturing concept to single-unit and small-batch production conditions at rocket and space engineering enterprises. Particular attention is paid to the limitations of classical methods for evaluating improvement efficiency based on "before and after" comparisons in situations where there is no statistical base and production processes are non-cyclical. The aim of the study is to develop a methodological approach that allows assessing the economic effect of implementing lean manufacturing tools by comparing actual labor costs with a technically justified norm adjusted by adaptation coefficients. The methodological basis includes system analysis, technical labor rationing methods, and economic-mathematical modeling. The result of the study is a formalized efficiency assessment methodology that includes the calculation of reference labor intensity, as well as accounting for production cycle time reduction and implementation costs. It is concluded that the proposed approach is practically applicable in the work of labor organization and rationing engineers at industry enterprises.

Keywords: lean manufacturing, single-unit production, small-batch production, efficiency assessment, rocket and space engineering, production management.

References

1. Bakhmatova T. G., Bakhmatov M. S. Trends and prospects for the implementation of lean manufacturing tools // Bulletin of Baikal State University. 2022. Vol. 32, No. 4. pp. 771–778.
2. Belyaeva E. A., Khalmetov A. A. Lean manufacturing as a factor of increasing production competitiveness // Safety and Quality of Goods: materials of the XIII International Scientific and Practical Conference (Saratov, July 15, 2019) / ed. by S. A. Bogatyrev. Saratov: LLC "Center for Social Agroinnovations of SSAU", 2019. pp. 28–31.
3. Womack J. P., Jones D. T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Moscow: Alpina Publisher, 2021. 472 p.
4. Grishina S. A., Shishkin A. N., Savina I. V., Bykova M. V. Improving labor rationing processes at enterprises // Science and Education: Future and Goals of Sustainable Development: materials of the XVI International Scientific Conference (Moscow, November 27, 2020). In 4 parts. Part 2. Moscow: Moscow University named after S. Yu. Witte, 2020. pp. 93–99.
5. Davydova N. S., Klochkov Yu. P. Lean manufacturing at mechanical engineering enterprises: theory and practice: monograph. Moscow: Academy of Natural Sciences, 2012. 111 p.
6. Dolzhenko R. A., Malyshev D. S. Digitalization of approaches to the organization and rationing of labor at an industrial enterprise // Bulletin of Omsk University. Series: Economics. 2021. Vol. 19, No. 4. pp. 54–66.
7. Koroleva D. Innovative development of rocket and space industry enterprises // Actual Problems of Aviation and Cosmonautics: collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to Cosmonautics Day (Krasnoyarsk, April 12–16, 2021). In 3 vols. Vol. 3. Krasnoyarsk: SibSU named after M. F. Reshetnev, 2021. pp. 111–112.
8. Leventsov V. A., Zaitseva V. D., Mukhanova N. V., Leonova O. V. Methodology for calculating the economic efficiency of implementing lean manufacturing tools // Advanced Production Technologies: Computer (Supercomputer) Technologies and Organization of Knowledge-Intensive Production: collection of abstracts of the National Scientific and Practical Conference with International Participation (St. Petersburg, May 26, 2023). St. Petersburg: POLYTECH-PRESS, 2023. pp. 21–31.
9. Ohno T. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Moscow: Institute for Complex Strategic Studies, 2020. 208 p.
10. Smirnov S. A., Sorokin G. S. Application of lean manufacturing in Russian companies // Eurasian Integration: Economics, Law, Politics. 2022. Vol. 16, No. 4. pp. 55–67.
11. Tkachenko N. V., Bardovsky T. Yu., Kolesnikova O. V. Features of operational planning in conditions of enterprises with small-batch and single-unit character // Trends in the Development of Science and Education. 2022. No. 88-2. pp. 155–158.
12. Fatkhutdinov R. A. Organization of production: textbook for students of higher educational institutions studying in economic and technical specialties. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: INFRA-M, 2007. 544 p.

Эволюция понятия и методические подходы к определению экспортного потенциала предприятий агропромышленного комплекса

Фокина Дарья Александровна
д.э.н., доцент, профессор кафедры информатики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова; профессор кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов, Сибирский федеральный университет, fokina.da@rea.ru,

Горошко Алексей Михайлович
аспирант, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, gam1912@yandex.ru

В данной статье рассматриваются существующие теоретико-методологические подходы к определению категории «экспортный потенциал предприятия агропромышленного комплекса» в контексте отраслевой специфики и современных вызовов. Проводится анализ отечественных и зарубежных трактовок понятия. Формулируется авторское определение экспортного потенциала предприятий АПК, интегрирующее существующие подходы с учетом отраслевых особенностей, современных реалий международной торговли и динамичности категории. Результаты исследования могут послужить теоретической основой для разработки методики оценки экспортного потенциала предприятий АПК и формирования инструментов управления его развитием.
Ключевые слова: агропромышленный комплекс (АПК), эффективность экспортной деятельности, конкурентное преимущество, аграрные предприятия, отраслевые особенности аграрной промышленности, инструменты управления развитием ЭПП АПК.

Введение

В последние десятилетия под влиянием глобализационных процессов и институционализации международной среды внешняя торговля приобретает стратегическое значение для национальной экономики. Для Российской Федерации в условиях санкционного давления прирост доходов от экспортных операций становится важнейшим инструментом поддержания курса национальной валюты, финансирования государственных расходов и укрепления позиций на мировой геополитической арене [1]. Последние годы характеризуются нестабильностью на международных рынках, нарастанием политического напряжения между государствами и возрастающим санкционным давлением на Российскую Федерацию. В этой ситуации наращивание экспортных мощностей, в особенности в дружественные страны, поможет в установлении разнонаправленных экономических связей с дружественными государствами и повысит устойчивость экономики страны к внешнему давлению. Развитие экспорта продукции агропромышленного комплекса (АПК) в данном контексте приобретает особую значимость, поскольку Россия в настоящее время является одним из крупнейших мировых экспортеров продовольствия, а по отдельным позициям — абсолютным лидером [1]. Агропромышленный комплекс РФ становится связующим звеном для многих сфер экономики страны, является одним из ключевых драйверов экономического роста и вносит существенный вклад в федеральный бюджет.

Традиционная зависимость экономики РФ от сырьевого экспорта в нефтегазовой отрасли в последние годы рассматривается как ограничивающий фактор для развития экономики, в связи с чем актуальной задачей государственного уровня является снижение данной зависимости. Наращивание экспортных объемов предприятий АПК позволит решить данную задачу. Стратегической задачей также является переход от преимущественно сырьевого экспорта к преобладанию экспорта товаров с высокой добавленной стоимостью.

В Послании Федеральному собранию Президентом РФ В.В. Путиным была поставлена задача к 2030 году нарастить экспорт продукции АПК до 55 млрд долларов США, что предполагает полуторакратный рост относительно уровня 2021 года [2]. Реализация этой задачи требует не только наращивания объемов производства продукции предприятий АПК, но и качественного развития экспортного потенциала предприятий отрасли. Вывод продукции предприятий АПК на внешние рынки происходит в условиях высокой конкуренции с иностранными производителями и требует соответствия международным стандартам, в связи с чем возникает необходимость разработки адекватного теоретико-методологического аппарата для анализа экспортного потенциала предприятий АПК и эффективного управления его развитием, а также системы инструментов развития экспортного потенциала предприятий АПК РФ. Определение сущности понятия экспортного потенциала предприятия АПК является ключевым этапом разработки такого аппарата.

В экономической литературе на сегодняшний день не существует единой общепризнанной трактовки категории экспортного потенциала применительно к предприятиям АПК [3]. Большинство определений либо носят общий характер, не учитывая специфики агропромышленного производства, либо фокусируются лишь на отдельных аспектах экспортной деятельности. Кроме того, классические подходы к определению экспортного потенциала были разработаны в период относительной стабильности международных рынков и не учитывают таких современных факторов, как геополитическая нестабильность, санкционные ограничения, цифровая трансформация экономики и ужесточение экологических требований. Здесь мы описываем различные методические подходы к определению понятия Экспортного потенциала предприятий АПК, прослеживаем эволюцию понятия и приводим его авторское определение.

Материалы и методы

Теоретико-методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных специалистов в области внешнеторговой деятельности, экспортного потенциала предприятия и экономики агропромышленного комплекса.

Результаты и обсуждение

В современной экономической науке не существует единой общепринятой трактовки понятия экспортного потенциала предприятия агропромышленного комплекса [3]. Большинство исследователей понимают экспортный потенциал предприятий АПК как частный случай экспортного потенциала предприятия, поэтому здесь мы сначала подробно рассмотрим трактовки данной категории, которые встречаются в литературе.

Определения данной категории впервые формулируются в трудах западных экономистов в рамках их классических экономических теорий. В работах российских ученых понятие экспортного потенциала предприятия прошло

длинный путь эволюции. В советский период внешнеэкономическая деятельность предприятий была строго регламентирована, в связи с чем для оценки способности предприятий народного хозяйства поставлять товары на внешние рынки использовалось понятие «экспортная база» [4]. В 1990-е годы предприятия получили статус субъектов экономики, способных к самостоятельной внешнеторговой деятельности. Такая либерализация привела к возникновению категории «экспортный потенциал предприятия», которая постепенно наполнялась новым содержанием. Экспортный потенциал предприятия в научной литературе определяется различными способами. Краткая сводка таких определений и их сравнительная характеристика представлены в Таблице 1, подробный анализ проводится ниже.

Таблица 1
Сравнительный анализ определений экспортного потенциала предприятия

Автор	Подход	Отраслевая специфика	Требования внешних рынков	Динамика	Геополитические риски	Цифровизация и инновации	Государственная поддержка	Продовольственная безопасность	Комплексность
А.С. Булатов	Ресурсный и частично функциональный	-	-	-	-	-	-	-	Слабая, нет учета других аспектов
Губин	Ресурсный и функциональный	-	-	-	-	-	-	-	Есть, но многие аспекты не учтены
Ковалев, Калинина	Ресурсный и функциональный	-	-	-	-	-	-	-	Есть, но многие аспекты не учтены
Ю.А. Савиков	Ресурсный	-	+	-	-	-	-	-	Нет, многие аспекты не учтены
Самохин	Ресурсный	-	+	-	-	-	-	-	Нет, но некоторые дополнительные аспекты учитываются
Токарев	Ресурсный	-	+	-	-	-	-	-	Нет, но некоторые дополнительные аспекты учитываются
Волкодавова	Ресурсный	-	-	+	-	-	-	-	Нет, не выделяет в отдельную категорию
И.В. Липсиц	Ресурсный	-	+	-	-	+	+	-	Нет, но некоторые дополнительные аспекты учитываются
П. Бакли, М. Кэссон	Функциональный	-	-	-	-	-	-	-	Нет
Райзберг	Функциональный	-	-	-	-	-	-	-	Нет
И.Н. Герчикова	Функциональный, частично бухгалтерский	-	-	-	-	-	-	-	Слабая, нет учета других аспектов
М. Портер	Функциональный	-	+	-	-	Частично	-	-	Нет
Джастин Лин	Конкурентные преимущества	-	-	-	-	+	+	-	Нет
Авторское определение	Объединение существующих подходов	+	+	+	+	+	+	+	Комплексное

Источник: составлено автором на основе анализа научной литературы. Критерии сравнения в виде учитываемых в определении факторов приведены в названиях колонок.

В качестве одного из способов трактовки данного понятия можно выделить ресурсный подход, в рамках которого экспортный потенциал предприятия трактуется как совокупность имеющихся в распоряжении предприятия ресурсов (материальных, трудовых, финансовых, информационных), которые могут быть использованы для осуществления экспортной деятельности. Здесь можно рассмотреть определение экспортного потенциала предприятия А.С. Булатова, который трактует данную категорию как «совокупность производственных, финансовых, кадровых и научно-технических возможностей предприятия, обеспечивающих успешную внешнеэкономическую экспансию» [5].

Основным недостатком такого подхода является то, что в нем не рассматриваются другие составляющие экспортного потенциала предприятия, помимо имеющихся в его распоряжении ресурсов. Разумеется, наличие ресурсов является определяющим фактором экспортного потенциала предприятия. Однако анализа имеющихся в распоряжении предприятия ресурсов недостаточно для оценки эффективности его экспортной деятельности, поскольку на нее также оказывает влияние эффективность производства и транспортировки, актуальная ситуация на внешнеторговых рынках, и многие другие параметры, которые такие определения неизбежно упускают. Схожим образом понятие трактует А.М. Губин, он дополнительно отмечает, что перечисленные факторы «определяют способность предприятия производить высококачественную продукцию» [6], тем самым добавляя к определению функциональную составляющую и аспект качества продукции. Однако в данном определении не рассматриваются другие факторы, влияющие на успешность экспортно й деятельности. В.В. Ковалев [7] и А.Э. Калинина [8] определяют экспортный потенциал как «максимально возможный объем экспорта товаров и услуг, который предприятие способно осуществить при условии полной и максимально эффективной реализации всех имеющихся в его распоряжении ресурсов». Это определение является более точным, поскольку акцентирует внимание на объеме экспорта и необходимости реализации имеющихся ресурсов максимально полно и эффективно, то есть на функциональной составляющей. Однако оно все еще не рассматривает другие составляющие ЭПП помимо его ресурсной базы. Ю.А. Савиков добавляет в определение ЭПП необходимость учёта спроса потребителей и интернализации внешнеэкономических процессов [9], что делает определение более полным. Самохин отмечает комплексность понятия экспортного потенциала предприятия и необходимость учитывать не только характеристики самого предприятия, но «и характеристики рынка возможной реализации товара», за счет чего определение становится более объемным [10]. Токарев также отмечает важность учета особенностей рынка, анализа продукции конкурентов, обеспечения сервиса, а также стратегии развития и продвижения [11].

Волкодавова добавляет определению динамику и отмечает его постоянные изменения, при этом трактуя ЭПП как часть экономического потенциала и не выделяя его в отдельную категорию [12]. Кроме того, ее определение также учитывает факторы внешней среды и выделяет важность стабильности объемов продаж и уровня рентабельности. И.В. Липсиц дополнительно подчеркивает необходимость государственной поддержки, адаптации к требованиям внешних рынков и внедрения инноваций [13], благодаря этому его определение ЭПП в рамках ресурсного подхода содержит предпосылки к адаптации формулируемого определения к современным вызовам экспортных рынков. Однако даже эти определения не могут считаться полными, поскольку не учитывают, например, способность предприятия производить продукцию и эффективно использовать имеющиеся ресурсы, а также не дает количественной оценки эффективности реализации продукции.

Также в литературе, посвященной экспортному потенциалу предприятий, можно выделить функциональный подход к определению данной категории. Представители данного направления акцентируют внимание на способности предприятия осуществлять экспортную деятельность. Так, П. Бакли и М. Кэссон определяют экспортный потенциал предприятия как способность адаптировать внутренние компетенции к требованиям внешних рынков и эффективно управлять международными процессами [14].

При этом исследователи не рассматривают подробно список таких компетенций, различия в требованиях рынков отдельных государств, конкретные международные процессы, их особенности. Кроме того, в рамках своей концепции они не учитывают возможные различия внутренних компетенций предприятия и не предлагают их оценивать, тогда как оценка имеющихся в распоряжении предприятия ресурсов неизбежно влияет на эффективность его экспортной деятельности. Также исследователи не рассматривают другие составляющие экспортного потенциала, такие как уровень прибыли и наличие преимуществ перед конкурентами.

Райзберг, в свою очередь, определяет экспортный потенциал предприятия как «возможность предприятия экспортировать производимую продукцию» [15], при этом не уточняя, какими факторами может быть обусловлена такая возможность, тогда как для выявления инструментов управления ЭПП такое уточнение необходимо. В данном определении также не учитываются другие неотъемлемые аспекты данной категории. И.Н. Герчикова определяет экспортный потенциал как способность предприятия производить конкурентоспособную продукцию, востребованную на мировом рынке, и реализовывать её с достаточной эффективностью [16]. Выгодное отличие от предыдущих функциональных определений состоит в том, что исследователь акцентирует внимание на конкурентоспособности и востребованности продукции, что позволит оценить вводимую категорию для различных предприятий, а также добавляет предпосылки бухгалтерского подхода в виде достаточной эффективности реализации продукции. Однако в данном определении также не учитываются составляющие производственной способности предприятия и факторы, определяющие эффективность ее реализации на внешнеторговых рынках.

М. Портер определяет экспортный потенциал как «производную от способности фирмы создавать и удерживать конкурентные преимущества на международных рынках» и постулирует важность инноваций для вывода

продукции на внешние рынки [17]. Это выгодно отличает его определение от предыдущих, в которых не учитывались современные вызовы для агропромышленных предприятий. Кроме того, исследователь отмечает, что экспортный потенциал предприятия зависит от «развитости производства, внутреннего спроса, поддержки отраслей, условий конкуренции на внешнем рынке и стратегии развития предприятия». Однако мы считаем приводимый им перечень факторов экспортного потенциала предприятия неполным. Кроме того, в своем определении от не учитывает наличие у предприятия ресурсов для производства и других аспектов, которые делают определение комплексным.

Помимо этого, в трудах экономистов можно выделить бухгалтерский подход к определению экспортного потенциала предприятия, который сводится к количественной оценке эффективности экспортной деятельности. Так, И.А. Русаков определяет ЭПП как «максимально возможную выручку от экспорта продукции при наиболее эффективном использовании имеющихся ресурсов» [18]. Помимо этого, он добавляет акцент на «продажах, привлечении иностранных инвестиций и участии в международных кооперационно-промышленных процессах», а также отмечает необходимость «основываться на производственных и экономических возможностях предприятия».

Таким образом, исследователь учитывает необходимость максимизации прибыли, функциональную составляющую понятия ЭПП, наличие у предприятия ресурсов и такой фактор, как наличие международных инвесторов и партнеров. Однако данное определение все же нельзя считать исчерпывающим, поскольку оно не учитывает наличие у продукции преимущества на внешних рынках, текущую экономическую ситуацию, современные вызовы и другие аспекты.

В качестве отдельного подхода можно выделить теорию конкурентных преимуществ, которая вводится Даннингом в рамках его эклектической парадигмы OLI (Ownership, Location, Internalization - Владение, локация, интернализация). В своих работах, посвященных исследованию экспортного потенциала предприятий, Даннинг анализирует наличие у предприятия уникальных преимуществ, таких как выгодное местоположение, наличие собственности, установления выгодных международных отношений и прочих [19]. Несомненно, наличие таких преимуществ повысит экспортный потенциал предприятия, но для комплексной оценки ЭПП данное понятие должно быть применимо и к таким предприятиям, которые не обладают существенными преимуществами, а также включать оценку базовых составляющих категории. Схожая трактовка встречается у Шумпетера, который дополнительно отмечает способность к «адаптации к изменениям внешнего рынка как ключевой фактор роста ЭПП» [20]. Однако его определение также не рассматривает ресурсную, функциональную и бухгалтерскую составляющие, и, соответственно, не может считаться полным. Значимость инноваций для экспортного потенциала предприятия как одного из конкурентных преимуществ продукции подчеркивает Хаусман, утверждая, что «повышение успеха экспортной стратегии возможно путем диверсификации экспорта в сторону более технологически сложных товаров». Джастин Лин также постулирует повышенную выгоду от экспорта товаров с повышенной добавочной стоимостью и дополнительно отмечает важность инфраструктурных инвестиций, инвестиций в человеческий капитал и государственной поддержки предприятий-экспортеров. Минусами их определений можно назвать отсутствие опоры на ресурсы, которыми может распоряжаться предприятие, не полный анализ факторов, определяющих успех внешнеторговой деятельности, а также лишь частичную адаптацию определений к современным экономическим вызовам.

Экспортный потенциал предприятий АПК имеет свою специфику, обусловленную особенностями отрасли. Однако приведенные выше определения не учитывают многие аспекты экспортного потенциала предприятий в целом, что ограничивает их применение в современных реалиях даже при условии адаптации определений к особенностям агропромышленного сектора.

В определении экспортного потенциала предприятия взгляды российских экономистов чаще всего совпадают с таковыми у иностранных исследователей. Однако нельзя игнорировать тот факт, что трактовки понятия экспортного потенциала предприятия, разработанные иностранными экономистами, могут быть не вполне применимы к предприятиям, функционирующим на территории Российской Федерации ввиду различий в экономической системе, законодательной регуляции и других аспектах деятельности предприятий между государствами

Кроме отмеченных выше аспектов, которые не рассматриваются в классических определениях ЭПП, у этих определений есть еще один существенный недостаток. По мнению многих исследователей [11, 18], понятие экспортного потенциала предприятия сохраняет свою сущностную общность для всех секторов экономики, несмотря на особенности каждой отдельно взятой отрасли. Согласно такому подходу, в зависимости от отраслевой принадлежности предприятия различается только специфическое наполнение компонентов ЭПП - например, конкретные ресурсы, имеющиеся в распоряжении предприятия [18]. В рамках такой концепции утверждается, что методологическая основа оценки и развития экспортного потенциала предприятия является единой для предприятий в любой отрасли, и для изучения развития ЭПП можно использовать общие подходы без учета отраслевой специфики.

Поскольку существующие на данный момент в литературе определения понятия ЭПП АПК не могут быть применимы в современных реалиях, либо являются фрагментарными, а также не учитывают отраслевую специфику, необходимо разработать такое определение экспортного потенциала предприятий агропромышленного комплекса, которое может эффективно использоваться для оценки ЭПП АПК и управления им за счет учета приведенных выше недостатков существующих трактовок. На основе проведенного анализа существующих подходов и с принятием во внимание выявленных ограничений сформулировано авторское определение экспортного потенциала предприятий агропромышленного комплекса.

Экспортный потенциал предприятия агропромышленного комплекса – это направленные на развитие, актуальные в кратко- и долгосрочной перспективе, основанные на совокупности факторов и ресурсов в распоряжении предприятия, а также использовании инструментов государственной поддержки, цифровых технологий и инноваций, составлении, локализации и реализации маркетинговой стратегии, возможности субъекта АПК производить товары и услуги, конкурентоспособные на внешних рынках с учетом отраслевой специфики (сезонности производства, зависимости от природно-климатических условий, требований к условиям хранения и транспортировки, необходимости соблюдения стандартов экологической нейтральности, фитосанитарных и ветеринарных требований стран-импортеров), а также эффективно реализовывать их на зарубежных рынках в условиях геополитической нестабильности, санкционных и других ограничений, обеспечивая получение максимально возможной выручки при условии сохранения продовольственной безопасности внутреннего рынка и выполнении стратегических задач отрасли.

Заключение

Разработанное авторское определение экспортного потенциала предприятий АПК восполняет ряд теоретических пробелов, имеющихся в современной экономической литературе, посвященной данному определению. В отличие от классических трактовок, данное определение предлагает четкую и структурированную дефиницию, интегрирующую различные теоретические подходы. Предложенное определение также учитывает современные тенденции экономики и специфику отрасли, что позволит применять его для оценки экспортного потенциала предприятий АПК и эффективного управления данной категорией. Включение в определение указания на необходимость использования цифровых технологий и инноваций задает вектор для практических рекомендаций по повышению экспортного потенциала.

Литература

1. Сельское хозяйство как залог суверенитета и стратегический ресурс для технологического лидерства страны: вызовы и решения : экспертный доклад / АНО «Национальные приоритеты». – Москва : АНО «Национальные приоритеты», 2025. – 64 с.
2. Послание президента Федеральному Собранию: новые задачи для АПК России [Электронный ресурс] // АПК Ленинградской области. – URL: https://apk.lenobl.ru/ru/news/70918/.
3. Мишуров, Н. П. Экспортный потенциал АПК: опыт, проблемы и перспективы развития : аналит. обзор / Н. П. Мишуров, В. Ф. Федоренко, Н. М. Морозов [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 200 с.
4. Ищук, О. В. Укрепление экспортных возможностей сельскохозяйственных предприятий – основа экономического благосостояния государства / О. В. Ищук. – Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. – С. 45–49.
5. Булатов, А. С. Экономика внешних связей России : учебник / А. С. Булатов. – Москва : БЕК, 2019. – 704 с.
6. Губин, А. М. Совершенствование внешнеторговой деятельности предприятий машиностроения в условиях либерализации ВЭД : дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Губин Алексей Михайлович. – Москва, 2006. – 203 с.
7. Калинина, А. Э. Экспортный потенциал предприятия: сущность, структура, методы оценки : монография / А. Э. Калинина. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2019. – 180 с.
8. Ковалёв, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалёв. – Москва : Финансы и статистика, 2020. – 560 с.
9. Савиков, Ю. А. Экспортный потенциал предприятия: теория и практика : монография / Ю. А. Савиков. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУЭФ, 2018.
10. Самохин, Р. В. Оценка экспортного потенциала предприятий лакокрасочной промышленности : дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Самохин Роман Владимирович. – Санкт-Петербург, 2000. – 172 с.
11. Токарев, Ю. В. Формирование и использование экспортного потенциала (на примере промышленных предприятий) : автореф. дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Токарев Юрий Владимирович. – Казань, 1997. – 24 с.
12. Волкодавова, Е. В. Теоретические и методологические основы формирования и реализации экспортного потенциала промышленных предприятий : дис. … д-ра экон. наук : 08.00.05 / Волкодавова Елена Викторовна. – Самара, 2007. – 347 с.
13. Липсиц, И. В. Экономический анализ реальных инвестиций : учебное пособие / И. В. Липсиц, В. В. Коссов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Экономистъ, 2004. – 347 с.
14. Buckley, P. J. The Future of the Multinational Enterprise / P. J. Buckley, M. Casson. – London : Macmillan Palgrave, 1991. – 120 p.
15. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – Москва : ИНФРА-М, 2012. – 512 с.

16. Герчикова, И. Н. Международное коммерческое дело : учебник для вузов / И. Н. Герчикова. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2018. – 671 с.
17. Портер, М. Международная конкуренция / М. Портер ; пер. с англ. – Москва : Международные отношения, 2020. – 896 с.
18. Русаков, И. А. Формирование экспортного потенциала / И. А. Русаков. Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2011. – № 5. С12–17.
19. Dunning, J. H. The eclectic paradigm as an envelope for economic and business theories of MNE activity / J. H. Dunning. International Business Review. – 2000. – Vol. 9, № 2. – P. 163–190.
20. Шумпетер, Й. А. Теория экономического развития: (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Й. А. Шумпетер ; пер. с нем. В. С. Автономова [и др.]. – Москва : Прогресс, 1982. – 455 с.

Evolution of the concept and methodological approaches to defining the export potential of enterprises of the agro-industrial complex

Fokina D.A., Goroshko A.M.
Plekhanov Russian University of Economics, Siberian Federal University, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the existing theoretical and methodological approaches to defining the category of "export potential of an agro-industrial complex enterprise" in the context of industry-specific features and contemporary challenges. An analysis of domestic and foreign interpretations of the concept is conducted. The author's definition of the export potential of agro-industrial enterprises is formulated, integrating existing approaches while taking into account industry specifics, current realities of international trade, and the dynamic nature of the category. The results of the study can serve as a theoretical foundation for developing a methodology for assessing the export potential of agro-industrial enterprises and for forming tools to manage its development.

Keywords: agro-industrial complex (AIC), export activity efficiency, competitive advantage, agricultural enterprises, industry-specific features of agriculture, tools for managing the development of AIC export potential.

References

1. Agriculture as a Guarantee of Sovereignty and a Strategic Resource for the Country's Technological Leadership: Challenges and Solutions: Expert Report / ANO "National Priorities". – Moscow: ANO "National Priorities", 2025. – 64 p.
2. Presidential Address to the Federal Assembly: New Tasks for Russia's Agro-Industrial Complex [Electronic resource] // Agro-Industrial Complex of the Leningrad Region. – URL: https://apk.lenobl.ru/ru/news/70918/.
3. Mishurov, N. P. Export Potential of the Agro-Industrial Complex: Experience, Challenges, and Development Prospects: Analytical Review / N. P. Mishurov, V. F. Fedorenko, N. M. Morozov [et al.]. – Moscow: Rosinformagrotech, 2020. – 200 p.
4. Ishchuk, O. V. Strengthening the Export Capabilities of Agricultural Enterprises as the Basis for the State's Economic Well-being / O. V. Ishchuk. – Science and Education: Experience, Challenges, and Development Prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – P. 45–49.
5. Bulatov, A. S. Textbook / A. S. Bulatov. – Moscow: BEK, 2019. – 704 p.
6. Gubin, A. M. Improving the Foreign Trade Activities of Machinery Manufacturing Enterprises Amidst the Liberalization of Foreign Economic Activity: Dissertation for the Degree of Candidate of Economic Sciences: 08.00.05 / Gubin Aleksey Mikhailovich. – Moscow, 2006. – 203 p.
7. Kalinina, A. E. Export Potential of an Enterprise: Essence, Structure, and Assessment Methods: Monograph / A. E. Kalinina. – Volgograd : VolSU Publishing House, 2019. – 180 p.
8. Kovalev, V. V. Financial Analysis: Methods and Procedures / V. V. Kovalev. – Moscow : Finansy i Statistika, 2020. – 560 p.
9. Savikov, Yu. A. Export Potential of an Enterprise: Theory and Practice : Monograph / Yu. A. Savikov. – Saint Petersburg : SPbSUEF Publishing House
10. Samokhin, R. V. Assessment of the Export Potential of Enterprises in the Paint and Varnish Industry : Diss. … Cand. Econ. Sci. : 08.00.05 / Samokhin Roman Vladimirovich. – Saint Petersburg, 2000. – 172 p.
11. Tokarev, Yu. V. Formation and Utilization of Export Potential (Case Study of Industrial Enterprises) : Abstract of Diss. … Cand. Econ. Sci. : 08.00.05 / Tokarev Yuri Vladimirovich. – Kazan, 1997. – 24 p.
12. Volkodavova, E. V. Theoretical and Methodological Foundations for the Formation and Realization of the Export Potential of Industrial Enterprises : Diss. … Dr. Econ. Sci. : 08.00.05 / Volkodavova Elena Viktorovna. Samara, 2007. 347 p.
13. Lipsits, I. V. Economic Analysis of Real Investments : Study Guide / I. V. Lipsits, V. V. Kossov. – 2nd ed., revised and expanded. – Moscow : Ekonomist, 2004. – 347 p. 14. Buckley, P. J. The Future of the Multinational Enterprise / P. J. Buckley, M. Casson. – London : Macmillan Palgrave, 1991. – 120 p.
15. Raizberg, B. A. Modern Economic Dictionary / B. A. Raizberg, L. Sh. Lozovsky, E. B. Starodubtseva. – Moscow : INFRA-M, 2012. – 512 p.
16. Gerchikova, I. N. International Commercial Business: Textbook for Higher Education Institutions / I. N. Gerchikova. – Moscow : UNITY-DANA, 2018. – 671 17. Porter, M. International Competition / M. Porter ; trans. from English. – Moscow : Mezhdunarodnye Otnosheniya, 2020. – 896 p.
18. Rusakov, I. A. Formation of Export Potential / I. A. Rusakov. Industry: Economics, Management, Technologies. – 2011. – No. 5. – P. 12–17.
19. Dunning, J. H. The eclectic paradigm as an envelope for economic and business theories of MNE activity / J. H. Dunning. International Business Review. – 2000. – Vol. 9, No. 2. – P. 163–190.
20. Schumpeter, J. A. The Theory of Economic Development: (An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle) / J. A. Schumpeter ; trans. from German by V. S. Avtonomov [et al.]. – Moscow : Progress, 1982. – 455 p.

Государственная поддержка АПК в Пермском крае и оценка стратегических проблем

Югов Алексей Леонидович
аспирант, РЭУ им. Г.В. Плеханова, Yugov.AL@rea.ru

Агропромышленный комплекс страны является одним из ключевых видов экономической деятельности, который не только обеспечивает продовольственную безопасность, но и оказывает прямое воздействие на уровень и качество жизни населения. В связи с этим государственная поддержка АПК приобретает особую значимость. В статье рассматривается система государственной поддержки агропромышленного комплекса Пермского края. Несмотря на значительный объем бюджетной поддержки (в 2025 году составила 3117,7 млн рублей) данная отрасль имеет структурные проблемы, которые ограничивают развитие агропромышленного комплекса в Пермском крае.
Ключевые слова: Агропромышленный комплекс, меры государственной поддержки, Пермский край.

Введение

Аграрная промышленность является той сферой, которая обеспечивает продовольственную безопасность и макроэкономическую стабильность любой страны, региона и области, включая и Пермский край.

Стоит отметить, что данный регион характеризуется сложными климатическими условиями, является зоной рискованного земледелия, а также высокой долей урбанизации, что делается государственную поддержку и регулирование особенно важным. Обзор и оценка такой поддержки требует не только специальных методов анализа, но и учета этих результатов в оценке общей социально-экономической ситуации региона [9].

Тема статьи тесно связана с результатами деятельности всех участников агропромышленного комплекса и экономическими показателями отрасли в целом как в России, так и в регионе в частности. В связи с этим необходимо дать краткий обзор экономическим показателям.

Так, по итогам 2025 г. объем всей произведенной продукции в сфере сельского хозяйства увеличился на 4,9% и достиг почти 11 триллионов рублей. Данный рост был обеспечен в первую очередь за счет увеличения объемов растениеводства, в то время как в сегменте животноводства изменений по сравнению с прошлым годом фактически не произошло. При этом ключевыми субъектами, которые обеспечивают рост объемов являются крупные и средние сельскохозяйственные предприятия. Вместе с тем наблюдается и рост объемов и у фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей. Однако этот рост, как и было описано ранее, связан в первую очередь с растениеводством. Такие показатели демонстрируют, что отечественный аграрный сектор продолжает в большей степени зависеть именно от растениеводства, в частности зернового производства и его экспорта.

Говоря о Пермском крае, необходимо отметить, что по итогам 2025 г. объем продукции сельского хозяйства увеличился за год почти на 4,5% и составил около 80 млрд. рублей [4]. Однако, не смотря на рост, который является ниже, чем общероссийский, было выявлено, что в регионе есть существенные проблемы по целому ряду показателей. Это подтверждается данными статистики, рассмотрим наиболее важные направления в сфере АПК.

Так, например, объем собранного зерна в Пермском крае меньше на 3,2 % в 2025 г. по сравнению с 2024 годом. Кроме этого, можно отметить системное снижение поголовья крупного рогатого скота. Например, количество коров сократилось на 2,6%, козы на 7,8%. Вместе с тем наблюдается значительный рост поголовья свиней (рост на 12,5%). При этом тенденция по сокращению фиксируется экспертами и статистикой на протяжении длительного периода, более 5 лет. Кроме этого, наблюдается и сокращение производства сельскохозяйственной продукции на душу населения, что оказывает влияние на продовольственную безопасность региона [2,3].

По данным статистики и по оценкам экспертов, системное сокращение количества крупного рогатого скота, снижение количества зерна и других продуктов сельского хозяйства делают Пермский край более зависимым от импорта и колебаний цен. Это является стратегическим риском для экономики региона и указывает на необходимость государственной поддержки АПК.

Государственная поддержка

Структура государственной поддержки сферы АПК складывается из синтеза прямых и косвенных методов экономического стимулирования, включая такие меры как субсидирование части затрат, гранты для начинающих фермеров и семейного фермерского хозяйства, поддержка кооперации и сбыта продукции, развитие инфраструктуры и мелиорации, а также кадровая и образовательная поддержка [1].

В рамках субсидирования фермеры и сельхозпредприятия предусмотрены субсидии на возмещение расходов по ряду направлений, в том числе на приобретение техники и оборудования, закупку семян и племенного скота, проведение агротехнологических работ, страхование посевов. Программы грантов ориентированы на тех, кто только запускает сельхозпроизводство или развивает небольшое хозяйство. Отдельное внимание уделяется сельхозкооперативам, которые помогают мелким производителям объединять ресурсы, снижать издержки и выходить на новые рынки. Для них предусмотрены гранты на развитие материально-технической базы. Также в регионе действуют меры по улучшению мелиоративных систем, строительству и модернизации хранилищ, перерабатывающих мощностей и логистических объектов. Наконец, важной частью государственной поддержки является подготовка кадров для АПК, включая программы переподготовки, стажировки, профориентацию молодежи и сотрудничество с аграрными колледжами и вузами [8].

Рассмотрим ключевые, финансовые показатели по отдельным направлениям государственной поддержки.

В целом объем бюджетной поддержки предприятий агропромышленного комплекса Пермского края в 2025 году составил 3117,7 млн рублей, в 2024 эта сумма составляла 3043 млн рублей». В 2026 году финансирование сохранится практически на том же уровне, что и в прошлом году, – 3,117 млрд

рублей. Из этой суммы средства федерального бюджета запланированы в размере 1,131 млрд рублей, краевого – 1,985 млрд рублей. Значительная доля средств традиционно направляется на молочное направление. В прошлом году на производство и переработку молока пришлось 49 % от общего объема поддержки, еще 20 % составило возмещение инвестиционных затрат и лизинговых платежей. Порядка 6 % было заложено на кадровое обеспечение и комплексное развитие сельских территорий. В 2026 году доля молочной отрасли в структуре господдержки вырастет до 50 % [5].

В сегменте молочного животноводства реализуется многоуровневая система субсидирования, охватывающая всю цепочку создания готового продукта. Базовым инструментом выступает выплата на поддержку собственного производства сырого молока, размер которой составляет 0,45 руб. за килограмм базовой продукции и подлежит дальнейшей дифференциации. Обязательным условием доступа к данному механизму является сохранение фактического поголовья крупного рогатого скота, что предотвращает сокращение производственного потенциала. Дополнительным стимулирующим инструментом, предоставляемым по повышенной ставке (4 рубля за кг. реализованной продукции), достигается выравнивание рентабельности производителей.

Вместе с тем функционирует механизм субсидирования процессов переработки молока, размер выплат по которому утверждается нормативными актами уполномоченного органа исполнительной власти, что способствует развитию внутриотраслевой кооперации.

Другим важным направлением является поддержка мясного скотоводства, на которую выделено более 170 млн. рублей. Региональные власти компенсируют расходы связанны с содержанием поголовья. Однако, данная поддержка жестко связана со статистическими данными, в частности каждый фермер должен подтверждать наличие и сохранность коров через государственные информсистемы. Только в случае, если данные подтвердятся, предприятиям будут выделены денежные средства. Схожая ситуации и по финансированию других типов животных, например овцы или кони. Для всех них предусмотрена фиксированная ставка, что упрощает финансирование в случаях диверсификации животных на фермах или заводах [7].

Рассматривая сферу растениеводства и мелиорации необходимо отметить, что в рамках государственной поддержки также как и в случае со скотоводством, предусмотрена диверсификация величины дотаций в зависимости от вращаемых культур. Этот же принцип действует и при компенсации затрат на удобрения и закупку семенного фонда.

Кроме этого, в рамках господдержки можно выделить меры по повышению плодородия почв и их восстановлению. Ключевым механизмом реализации здесь можно определить как культуртехнические мероприятия и восстановление кислых почв. Необходимо отметить, что у данного вида поддержки строгие временные рамки. Ей можно воспользоваться только во второй половине вегетационного периода в строго нормативных значениях. Такое требования позволяет государству точно оценить эффективность государственной поддержки [8].

Одним из стратегических направлений государственной поддержки на уровне Пермского края является модернизация племенного фонда и генетической селекции.

В рамках этого направления предусмотрена компенсация затрат на приобретение племенного молодняка мясного направления, если выполнены следующие условия - минимальный размер партии составляет 25 голов, а также если пройдена обязательная регистрация приобретаемого скота не ниже первого класса в государственном племенном регистре. Кроме этого, данное финансирование также охватывает закупку племенных быков-производителей и процедуры генотипирования сельскохозяйственных животных, что формирует научно обоснованную базу для повышения продуктивного потенциала регионального стада [7].

Существенное значение в системе регионального аграрного регулирования принадлежит институтам развития, выступающим катализатором структурных трансформаций в сельском хозяйстве. Функционирование центров компетенций и специализированных консультационных служб выходит за рамки исключительно финансового посредничества. Данные институты обеспечивают методологическое сопровождение аграриев, способствуя оптимизации организационно-экономических процессов, диверсификации каналов реализации продукции и ускоренной диффузии инновационных технологий в реальном секторе [8].

Стратегические проблемы

Не смотря на обширный перечень направлений государственной поддержки нельзя не отметить и стратегические проблемы, которые буду непосредственно влиять на развитие отрасли в ближайшие годы. Стоит отметить, что анализ состояния отрасли говорит о системном характере данных проблем и они связаны не только с отставанием от среднероссийских показателей, но и связаны с другими сторонами экономики региона, технологиями и демографией в Пермском крае.

Ключевой проблемой остается риск снижения показателей сферы животноводства. Как отмечалось ранее, поголовье овец, коз и крупного рогатого скота сокращается, что снижает продовольственную независимость региона [2].

Решение этой проблемы связано не столько с предоставлением субсидий, сколько с формированием собственной базы качественных и доступных кормов. Это в свою очередь порождает необходимость создания собственного производства, повышения плодородия почв через мелиорацию и селекцию кормовых культур [6].

Следующей проблемой необходимо считать непосредственно субсидии. Государство в стремлении помочь фермерам и АПК в целом, по сути, сделало аграриев полностью зависимыми от такой поддержки. Такой вывод можно сделать, рассмотрев показатели рентабельности. Так, например, в 2021 г. рентабельность предприятий АПК без учета государственной поддержки, по сути, нулевая, предприятия работают в убыток. В тоже время если предприятия пользовались государственной поддержкой, то рентабельность в среднем составляла 7,6% [9]. При этом необходимо отметить, что доля субсидий федерального значения постоянно увеличивается. Таким образом с одной стороны регион становится зависим от федерального бюджета, а с другой, агропромышленные предприятия при изменении размеров субсидий могут массово стать банкротами. Это также оказывается прямой воздействие на социально-экономическое положение Пермского края.

Кроме вышеперечисленных проблем нельзя не отметить и техническое отставании и устаревание основных средств, а также сокращение рабочей силы в сфере АПК. Предприятия вынуждены повышать заработную плату, а также закупать новое оборудование, что приводит к уменьшению потенциальной прибыли. В свою очередь уменьшение прибыли не дает предприятием развиваться [6].

Заключение

Анализ стратегических векторов развития агропромышленного комплекса региона позволяет выделить ряд перспективных направлений. К таким относятся цифровая трансформация и внедрение технологий точного земледелия, которые должны внедрятся параллельно с формированием сегмента органического производства и расширением экспортного потенциала [9].

Таким образом, можно сделать вывод, что не смотря на значительные меры государственной поддержки, агропромышленная сфера не только не развивается, но и по ряду показателей сокращается. Сельское хозяйство становится зависимым от государственной поддержки и не может обеспечить автономную рентабельную деятельности.

В этой связи необходимо разработать новые механизмы поддержки, а самое главное, стимулирования развития АПК в России и Пермском крае. Данный механизм должен основываться на инновационных компонентах, которые обеспечат долгосрочный, устойчивый и эффективный рост агропромышленной сферы в частности, и экономики региона в целом.

Литература

1. Постановление Правительства Пермского края от 03.10.2013 № 1320-п (ред. от 26.02.2026) «Об утверждении государственной программы Пермского края Государственная поддержка агропромышленного комплекса Пермского края».
2. АПК Пермского края: итоги 2025 года и планы на 2026 год. – Текст: электронный//Коммерсантъ:[сайт].-2026.-4февраля-URL: https://www.kommersant.ru/doc/8400377
3. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики (Росстат): [сайт]. – URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277
4. В Прикамье на 4,4% вырос объем производства в сельском хозяйстве. – Текст:электронный//Коммерсантъ:[сайт].2026.URL:https://www.kommersant.ru/doc/8440233
5. В Прикамье направят на поддержку АПК в 2026 году более 3,1 млрд рублей // ФедералПресс : информационное агентство. – 2026. – 15 февр. – URL: https://fedpress.ru/news/59/economy/3424762 (дата обращения: 07.09.2026). – Текст : электронный.
6. Вестник агропромышленного комплекса : Пищепром. Переработка. Оборудование. 2025. № 2.
7. Гид по мерам государственной поддержки в сельском хозяйстве Пермского края: информационно-аналитический материал / Министерство агропромышленного комплекса Пермского края. – Пермь, 2025. – URL: https://kudymkar-permkrai.gosuslugi.ru/netcat_files/396/4680/Katalog_mery_podderzhki_SHTP_13.05.25_.pdf (дата обращения: 07.09.2026). – Текст : электронный.
8. Министерство агропромышленного комплекса Пермского края : официальный сайт. – URL: https://agro.permkrai.ru/ (дата обращения: 07.09.2026). – Текст : электронный.
9. Хайруллина, О. И. Итоги развития сельского хозяйства в условиях бюджетного финансирования региона / О. И. Хайруллина // Продовольственная политика и безопасность. – 2024. – Т. 11, № 1. – С. 77-92. – DOI 10.18334/ppib.11.1.120158. – EDN UAGCYL.

State support for the agro-industrial complex in the Perm Region and an assessment of strategic challenges

Yugov A.L.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The agro-industrial complex of the country is one of the key types of economic activity, which not only ensures food security but also has a direct impact on the level and quality of life of the population. In this regard, state support for the agro-industrial complex is of

particular importance. The article examines the system of state support for the agro-industrial complex of the Perm Region. Despite the significant volume of budgetary support (which amounted to 3,117.7 million rubles in 2025), this sector faces structural problems that limit the development of the agro-industrial complex in the Perm Region.
Keywords: agro-industrial complex, measures of state support, Perm Krai.

References

1. Resolution of the Government of the Perm Krai dated 03.10.2013 No. 1320-p (as amended on 26.02.2026) "On the Approval of the State Program of the Perm Krai: State Support for the Agro-Industrial Complex of the Perm Krai."
2. The agro-industrial complex of the Perm Krai: results of 2025 and plans for 2026. – Text: electronic //Kommersant:[website].-2026.-February 4.-URL: https://www.kommersant.ru/doc/8400377
3. Bulletins on the state of agriculture (electronic versions). – Text: electronic // Federal State Statistics Service (Rosstat): [website]. – URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277
4. In the Kama region, agricultural production increased by 4.4%. –Text: electronic//Kommersant:[website].2026.URL:https://www.kommersant.ru/doc/8440233
5. In the Kama region, more than 1.1 billion rubles will be allocated to support the agro-industrial complex in 2026 // Federekspert: information agency. – 2026. – February 15. – URL: https://fedpress.ru/news/59/economy/3424762 (accessed: 07.09.2026). – Text: electronic.
6. Vestnik agropromyshlennogo kompleksa: Pishcheprom. Recycling. Equipment. 2025. No. 2.
7. Guide to State Support Measures in Agriculture in the Perm Region: Information and Analytical Material / Ministry of the Agro-Industrial Complex of the Perm Region. – Perm, 2025. – URL: https://kudymkar-permkrai.gosuslugi.ru/netcat_files/396/4680/Katalog_mery_podderzhki_SHTP_13.05.25_.pdf (accessed: 07.09.2026). – Text: electronic.
8. Ministry of the Agro-Industrial Complex of the Perm Krai: official website. – URL: https://agro.permkrai.ru/ (accessed: 07.09.2026). – Text: electronic.
9. Khairullina, O. I. Results of agricultural development under budgetary funding conditions in the region / O. I. Khairullina // Food Policy and Security. – 2024. – Vol. 11, No. 1. – Pp. 77-92. – DOI 10.18334/ppib.11.1.120158. – EDN UAGCYL.

Влияние структуры форм собственности региональной экономики на мотивацию к труду работников и результаты деятельности организаций

Яковлев Александр Юрьевич
доктор политических наук, профессор кафедры конституционного и международного права, Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России), office@corporateadvisor.pro,

Кудрявцев Сергей Алексеевич
кандидат политических наук, ks-yar@inbox.ru

В работе рассматриваются факторы, оказывающие воздействие на мотивационную составляющую труда. Она, в свою очередь, отражается на результатах финансово-хозяйственной деятельности организаций. На мотивацию работников влияет структура собственности, которая имеет региональную специфику.
Ключевые слова: региональная экономика, структура региональной экономики, формы собственности, мотивация к труду, результаты деятельности организации.

Низкий рост производительности труда [16] имеет широкий спектр причин. Наряду с технологическими [11], управленческими, демографическими и иными находятся мотивационные. Хотя человеческий капитал признается главным фактором современного экономического роста [14], в организациях нередко продолжают превалировать инструменты дисциплинарного взыскания, нежели мотивация, основанная на связи результатов труда работника с его вознаграждением.

Каждая организация как юридическое лицо выступает субъектом трудовых отношений со своими работниками. Основой формализации этих отношений является штатное расписание, фиксирующее систему должностных окладов. Коллективный договор и внутренние положения о премировании не являются обязательными и применяются далеко не во всех организациях. Есть основания утверждать, что улучшение мотивации повысит как производительность, так и эффективность труда. В организациях всех форм собственности целесообразно совершенствовать внутренние положения о премировании с тем, чтобы они эффективно стимулировали достижение результатов [10]. Общепризнанным является и то, что стимулами к более эффективному труду служат не только денежное вознаграждение, но и такие факторы, как статус, карьерный рост, признание, награды и др.

В конце 1990-х гг. с целью формирования непосредственной заинтересованности работника в результатах деятельности организации, а также чтобы сохранить трудовые коллективы в экономически трудное время был принят Федеральный закон «Об особенностях правового положения акционерных обществ работников (народных предприятий)» [2]. Этот нормативно-правовой акт представлялся довольно демократичным. Он одержит положение о предельном соотношении зарплаты генерального директора и средней зарплаты по предприятию, устанавливает ограничения полномочий руководителей и подотчетность коллективу, а главное – закрепляет принцип «один акционер = один голос» при принятии ключевых решений, что полностью нивелирует преимущество крупных пакетов акций.

Кроме того, согласно закону, организационно-правовая форма «народного предприятия» предполагает, что: работникам должно принадлежать более 75% уставного капитала; один работник не может владеть более 5% акций; при увольнении работник обязан продать акции предприятию, и предприятие обязано их выкупить; ежегодное наделение акциями работников пропорционально зарплате; число работников, не являющихся акционерами, не может превышать 10% от общей численности.

Однако возможно, этот документ был изначально призван послужить лишь как вспомогательный инструмент в целях приватизационных процессов. В нем прописаны требования, при которых «народное предприятие» обязано преобразоваться в коммерческую организацию иной формы либо ликвидироваться. А именно в случаях, если: среднесписочная численность работников менее 51 чел.; если число работников, не являющихся акционерами, превысило 10% от общей численности персонала; если число акционеров превысило 5 тыс.

К настоящему времени несмотря на то, что действие этого закона не прекращено, его практическое применение фактически сошло на нет и сопряжено с серьезными институциональными барьерами. Налоговая система не предоставляет «народным предприятиям» льгот. В России работает множество программ поддержки «классического бизнеса» МСП, но не народных предприятий. Кроме того, применение данного закона влечет множество коллизий, в т.ч. с занижением стоимости выкупа акций при увольнении. Необычная структура и движение акций внутри коллектива могут вызывать подозрения в рамках борьбы с отмыванием денег. Поэтому получить банковский кредит или пройти финансовый контроль для народного предприятия значительно сложнее.

За все время существования рассматриваемого закона в России было создано лишь несколько десятков (по разным оценкам, не более 50–60) народных предприятий, причем их количество постепенно снижалось. Официального публичного реестра по данному закону не ведется, однако, согласно информации из открытых источников, в настоящее время фактически работают лишь единицы таких предприятий.

В отличие от ООО или АО, создание которых не представляет сложности, народное предприятие по 115-ФЗ может быть образовано исключительно путем преобразования действующей коммерческой организации. При этом уже на старте работникам должно принадлежать не менее 49% в уставном капитале. Дополнительные барьеры создают жесткие требования к структуре и управлению, а также ограничение доли сторонних инвесторов (не более 25%), что делает народное предприятие заведомо непривлекательным для частного капитала, т.к. акционеры-инвесторы не могут получить контроль над организацией.

Народное предприятие обладает особым правовым статусом, что принципиально отличает его от классических АО и ООО. Правовое положение которых

детально и непосредственно регламентируется Гражданским кодексом РФ. Некоммерческая организация Российский союз народных предприятий (РСНП) просуществовала лишь с 2000 по 2010 г. Национальный Союз народных и коллективных предприятий (НСНКП), созданный в 2017 г. для поддержки народных предприятий в России, был ликвидирован 1 июня 2026 г.

Государство не проводит активной политики по созданию народных предприятий. Хотя отдельные эксперты (например, академик РАН С.Ю. Глазьев в 2022 г.) предлагали передавать предприятия ушедших иностранных компаний в собственность их российским сотрудникам [6] (трудовым коллективам), превращая их в «народные предприятия». На практике эти идеи не реализуются.

Федеральный закон «Об особенностях правового положения акционерных обществ работников (народных предприятий)» - классический пример «спящего закона»: юридически он активен, но его экономическая модель и правовая среда вокруг него (налоги, банковский контроль, судебная практика) не создают стимулов для его широкого применения.

Отметим также и психологическую неготовность основной массы россиян, особенно тех, чья социализация проходила в советской плановой экономике, быть предпринимателями. Их неприязненное отношение к «нуворишам» 1990-х гг., недостаточная финансовая грамотность, недоверие к системе, недоверие к «бумажной» собственности. Владея акциями, работники психологически не чувствуют себя реальными совладельцами (опосредованная собственность не воспринимается как своя). Люди больше ориентируются на стабильность, избегание ответственности (в т.ч. коллективной) за предприятие в целом. Роль совладельца вступила в конфликт с привычной ролью наемного работника. Экономическая логика не должна противоречить человеческой психологии – иначе любая система мотивации обречена на неэффективность.

Народное предприятие является формой «организационной демократии», которая не может функционировать, если у граждан не выработано чувство хозяина на производстве и в обществе.

Обращение к зарубежному опыту (в частности, к моделям ESOP в США и кооперативам Мондрагона в Испании) позволяет глубже понять, какие институциональные условия необходимы для успешной реализации механизмов внутреннего совладения – и почему в России они не сложились.

Мондрагонская кооперативная корпорация (Corporación Mondragon) – федерация кооперативов работников, базирующаяся в Испании – насчитывает уже более 70 лет истории. На сегодняшний день она объединяет более 70 тыс. работников-совладельцев более чем 240 предприятий [18] разных направлений деятельности (промышленность, финансы, розничная торговля, образование). Уверенное воспроизводство модели обеспечивают многомиллиардные обороты, высокие зарплаты, реинвестирование прибыли в социально значимые направления. Голосования проводятся по принципу «один работник = один голос» независимо от доли. Модель базируется также на культуре солидарности, длительном периоде воспитания ответственности (школы и университеты внутри системы).

Еще одна разновидность «народного капитализма» – программа ESOP (Employee Stock Ownership Plan) в США, функционирует тоже уже порядка 70 лет и продолжает развиваться. На сегодняшний день в программах ESOP в США участвует порядка 15 мил. чел., из которых около 11 мил. являются действующими сотрудниками компаний-участниц. Но это не прямая передача акций, а скорее некий пенсионный план, где работники накапливают акции компании без личных вложений. Работник не покупает акции – они поступают на его счет из прибыли компании. На сегодняшний день ESOP включает более 6 400 организаций в различных сферах деятельности по всей стране [17]. Системная поддержка государства включает в себя налоговые льготы для владельца при продаже бизнеса в ESOP. В 2026 г. Минтруда США упростило контроль за ESOP, признав их зрелым инструментом.

В Японии распространены корпоративные программы, когда компания помогает сотрудникам покупать ее акции, но это не превращает их в совладельцев в том смысле, как в Мондрагоне или в ESOP в США. Это скорее бонусная программа лояльности.

Успешные зарубежные модели (особенно в США и Испании) показывают, что формула успеха – это не только закон, а целый комплекс важных факторов: налоговые стимулы, поддержка государства, долгосрочная культура и понятные механизмы выхода для владельцев бизнеса.

В позднем СССР создание кооперативов на основе объединения ресурсов участниками было законодательно оформлено Законом СССР «О кооперации в СССР» [1] и стало школой первоначального накопления капитала, своего рода полигоном для отработки рыночных механизмов. Однако исполнение этого закона сопровождалось множеством болезненных социально-экономических дисбалансов, и его применение ограничилось временными рамками 1988-1991 гг.

В создании кооперативов и народных предприятий имеется рациональное зерно. Как показывает опыт испанской Мондрагонской корпорации, данные формы собственности способны эффективно сосуществовать с рыночными механизмами, обеспечивая экономическую устойчивость на протяжении десятилетий, хотя и сталкиваются при этом с некоторыми внутренними противоречиями.

Владение штатными работниками уставным капиталом, средствами производства и результатами труда (доходами) формирует особую этику производственного поведения и культуру качества, предполагает преодоление жесткого разделения на «наемных работников», «топ-менеджеров» и «единоличного собственника».

В российском обществе сохраняется неприятие «нуворишей», но составляющие богатого образа жизни привлекают респондентов [7]. Это делает актуальным создание условий, при которых участники производства продукции и услуг на любом организационном уровне сами смогли бы ощущать себя хозяевами процессов, средств производства и результатов труда. Вероятно, что в России назрела необходимость перехода к мотивационно-психологическому управлению, основанному не на принуждении к исполнению формализованных требований, а на осознании причастности к общим производственным и государственным целям через комплексное применение методов материальной, социальной и моральной мотивации.

Таким образом, модели трудовой мотивации исторически и институционально обусловлены. Наряду с формальными параметрами (тип политической системы, экономическая модель) важнейшую роль в трудовой мотивации играют неформальные ограничения – ментальные барьеры, культурные нормы и ценностные установки, сложившиеся в обществе.

Провал попытки передачи работникам реальной собственности в России в 1990-х гг. было бы некорректно объяснять фатальной непреодолимостью ментальных барьеров или апелляцией к тезису о принципиальной невозможности данной модели в силу российской цивилизационной специфики. Согласно классической модели Р. Солоу, уровень производства в экономике и динамика ее развития зависят от трех основных факторов: накопления капитала, труда (количество и качество рабочей силы) и технического прогресса.

Применительно к России 2026 г. отечественный экономист А.А. Аузан констатировал отсутствие доступа к мировым рынкам капитала, дефицит труда и затрудненность доступа к критическим технологиям. Аузан выделил 3 фактора экономического роста, которые в большей степени поддаются контролю, чем «классические»: человеческий потенциал, институты, а также культуру ценностей и поведенческие установки [3].

Существующие сложности вполне преодолимы, чему могут способствовать: более внимательное отношение к человеческим ресурсам [4], их постоянное интеллектуальное развитие [12], формирование условий для саморегулирования [5], разработка мер государственной поддержки [15] со стороны федеральных и региональных властей [9]. Это позволит повысить устойчивость организаций [8] как с государственным [13], так и частным участием, что положительно отразится на экономике регионов и страны в целом.

Литература

1. Закон СССР «О кооперации в СССР» от 26.05.1988 № 8998-XI [Электронный ресурс]. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 10.06.2026).
2. Федеральный закон «Об особенностях правового положения акционерных обществ работников (народных предприятий)» от 19.07.1998 № 115-ФЗ [Электронный ресурс]. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 10.06.2026).
3. Аузан назвал три основных фактора экономического роста // РБК. - 15.05.2026 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.rbc.ru/economics/15/05/2026/6a06a5249a79473e9ab44387?from=main_lines_8 (дата обращения: 10.06.2026).
4. Ваславский Я.И., Ваславская И.Ю., Щербакова Н.С., Занина А.А. Анализ человеческих ресурсов в системе стратегического управления организацией // Экономическое развитие России. - 2025. - № 9. - С. 41-45.
5. Вечернин Д.С., Поздняков К.К. Институт саморегулирования как инструмент повышения эффективности управления государственной собственностью. Современное состояние и перспективы правового регулирования // Государственная служба и кадры. - 2019. - № 4. - С. 99-103.
6. Глазьев предложил передавать предприятия ушедших компаний сотрудникам // РБК. – 03.04.2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.rbc.ru/economics/03/04/2022/62490f249a794764e113f877 (дата обращения: 10.06.2026).
7. Мещерякова Н.Н., Крыштановская О.В. Восприятие богатства в России: стереотипы и реальность // Социологическая наука и социальная практика. - 2025. - № 2. - С. 28-44.
8. Мун В.Г., Яковлев А.Ю., Соколицына Н.А., Поярков И.В., Ваславский Я.И. Оценка финансовой устойчивости корпоративного сектора: эмпирический анализ на основе модифицированной модели Альтмана // Фундаментальная и прикладная математика. - 2026. - № 3. - С. 13-18.
9. Петрина О.А., Зубков Д.А. Анализ современных мер поддержки промышленности в городе Москве: тенденции и развитие // Муниципальная академия. - 2024. - № 1. - С. 95-101.
10. Роков А.И., Дубаневич Л.И., Самрат Р. Повышение экономической эффективности труда за счет изменения системы оплаты // E-Scio. - № 9. - 2021. - С. 53-62.

11. Семенова Д.М., Кудрявцев С.А. ESG в политическом дискурсе современной России: ключевые риски // Вестник Пермского университета. Политология. - 2023. - № 2. - С. 39-47.
12. Серегин А.В., Хмельченко Е.Г., Черкасова М.А. Роль интеллектуальной элиты человечества в генезисе государства и права // Вестник Академии права и управления. - 2025. - № 4. - С. 90-93.
13. Смотрицкая И.И., Фролова Н.Д. Методологические подходы к измерению и оценке качества управления в российских публичных компаниях // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. - 2023. - № 3. - С. 60-81.
14. Уринсон Я.М. Экономика и государство. - М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 160 с.
15. Черных С.И. Методы «мягкой силы» в политике и экономике // Общество и экономика. - 2023. - № 1. - С. 27-36.
16. Labour Productivity Growth // CEIC Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ceicdata.com/zh-hans/indicator/labour-productivity-growth (дата обращения: 10.06.2026).
17. National ESOP database – 2026 // National center for employee ownership [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nceo.org/research/data/national-esop-database (дата обращения: 10.06.2026).
18. The Mondragon Corporation in brief // Mondragon Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mondragon-corporation.com/wp-content/uploads/docs/MONDRAGON-media-kit-EN.pdf#1#1 (дата обращения: 10.06.2026).

The impact of the regional economy ownership structure on employee work motivation and organizational performance

Yakovlev A.Y., Kudryavtsev S.A.
All-Russian State University of Justice (RPA of the Ministry of Justice of Russia)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This paper examines the factors influencing the motivational component of labor, which, in turn, affects the financial and operational results of organizations. Employee motivation is influenced by ownership structure, which characterized by regional specificities.

Key words: regional economy, regional economy structure, forms of ownership, work motivation, organizational performance results.

References

1. Law of the USSR «On Cooperation in the USSR» dated 26.05.1988 № 8998-XI [Electronic resource]. - Accessed via the «ConsultantPlus» legal reference system (date of access: 10.06.2026).
2. Federal Law «On the Specifics of the Legal Status of Joint-Stock Companies of Employees (People's Enterprises)» dated 19.07.1998 № 115-FZ [Electronic resource]. - Accessed via the «ConsultantPlus» legal reference system (date of access: 10.06.2026).
3. Auzan identified three key factors of economic growth // RBC. - 15.05.2026 [Electronic resource]. - Access mode: https://www.rbc.ru/economics/15/05/2026/6a06a5249a79473e9ab44387?from=main_lines_8 (date of access: 10.06.2026).
4. Vaslavsky Y.I., Vaslavskaya I.Yu., Shcherbakova N.S., Zanina A.A. Analysis of human resources within the organizational strategic management system // Economic Development of Russia. - 2025. - № 9. - P. 41–45.
5. Vechernin D.S., Pozdnyakov K.K. Institute of Self-Regulation as a tool for improving the efficiency of state property management. Current state and prospects of legal regulation // Public service and personnel. - 2019. - № 4. - P. 99-103.
6. Glazyev proposed transferring the facilities of companies that have left the market to their employees // RBC. - 03.04.2022 [Electronic resource]. - Access mode: https://www.rbc.ru/economics/03/04/2022/62490f249a794764e113f877 (date of access: 10.06.2026).
7. Meshcheryakova N.N., Kryshtanovskaya O.V. Perception of wealth in Russia: stereotypes and reality // Sociological Science and Social Practice. - 2025. - № 2. - P. 28-44.
8. Mun V.G., Yakovlev A.Y., Sokolitsyna N.A., Poyarkov I.V., Vaslavsky Y.I. Assessment of the financial stability of the corporate sector: an empirical analysis based on a modified Altman model // Fundamental and Applied Mathematics. - 2026. - № 3. - P. 13-18.
9. Petrina O.A., Zubkov D.A. Analysis of modern measures of industry support in the city of Moscow: trends and development // Municipal Academy. - 2024. - № 1. - P. 95-101.
10. Rokov A.I., Dubanevich L.I., Samrat R. Improving economic labor efficiency through changes to the remuneration system // E-Scio. - № 9. - 2021. - P. 53-62.
11. Semenova D.M., Kudryavtsev S.A. ESG in the political discourse of modern Russia: key risks // Vestnik Perm University. Political science. - 2023. - № 2. - P. 39-47.
12. Seregin A. V., Khmelchenko E. G., Cherkasova M. A. The role of the intellectual elite of humanity in the genesis of state and law // Journal of the Academy of Law and Administration. - 2025. - № 4. - P. 90-93.
13. Smotritskaya I.I., Frolova N.D. Methodological approaches to the measurement and evaluation of management quality in Russian public companies // STAGE: economic theory, analysis, practice. - 2023. - № 3. - P. 60-81.
14. Urinson Y.M. The Economy and the State. - Moscow: HSE Publishing House, 2021. – 160 p.
15. Chernih S.I. Methods of «soft power» in politics and economy // Society and economy. - 2023. - № 1. - P. 27-36.
16. Labour Productivity Growth // CEIC Data [Electronic resource]. - Access mode: https://www.ceicdata.com/zh-hans/indicator/labour-productivity-growth (date of access: 10.06.2026).
17. National ESOP database - 2026 // National center for employee ownership [Electronic resource]. - Access mode: https://www.nceo.org/research/data/national-esop-database (date of access: 10.06.2026).
18. The Mondragon Corporation in brief // Mondragon Corporation [Electronic resource]. - Access mode: https://www.mondragon-corporation.com/wp-content/uploads/docs/MONDRAGON-media-kit-EN.pdf#1#1 (date of access: 10.06.2026).

Концептуальные основы развития некоммерческих организаций в сфере социальных услуг

Гергель Рита Михайловна
аспирант, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, pravoteka.2023@gmail.com

В статье рассматриваются концептуальные основы стратегирования развития некоммерческих организаций (НКО) в сфере социальных услуг в условиях трансформации социально-экономической системы. Особое внимание уделяется экономической природе социальных услуг как нематериальных благ, инвестиционному характеру затрат на их развитие и роли человеческого капитала. Обосновывается необходимость концептуализации развития социально ориентированных НКО, предлагаются две модели их развития – партнёрство с коммерческими структурами и создание собственных коммерческих подразделений.

Ключевые слова: социальные услуги, рынок социальных услуг, социально ориентированные НКО, стратегирование развития, концептуальный подход, цифровая трансформация.

Проведение специальной военной операции на территории Донецкой Народной Республики детерминировала глубокую трансформацию социально-экономической системы. Следствием этого стало одновременное наступление двух разнонаправленных тенденций: с одной стороны – критическое сокращение фискальных возможностей государства вследствие разрушения хозяйственных связей и падения производства, с другой стороны – стремительный рост численности уязвимых групп населения таких как вынужденные переселенцы; лица с ограниченными физическими возможностями вследствие военной травмы; семьи, утратившие кормильца, что объективно увеличило совокупную нагрузку на систему социальной защиты.

Современная трансформация системы социальной защиты населения в Российской Федерации характеризуется последовательным расширением участия некоммерческих организаций (НКО) в качестве исполнителей социальных услуг, что актуализирует проблему поиска эффективных управленческих моделей их развития. Переход от финансирования учреждений к финансированию результатов, закрепленный в Федеральном законе № 442-ФЗ «Об основах социального обслуживания граждан в Российской Федерации», формирует конкурентную среду, в которой классическая интуитивная или ситуативная стратегия роста НКО перестает отвечать вызовам рынка.

В этой связи концептуальный подход, предполагающий формирование целостной системы взглядов на миссию, ресурсную базу, целевые сегменты потребителей и механизмы измерения социального эффекта, приобретает принципиальное значение. В свою очередь, концептуально обоснованное развитие позволяет НКО перейти от роли «субподрядчика» разрозненных мероприятий к статусу системного партнера государства, способного проектировать социальные сервисы, обладающие доказанной эффективностью [1; 2]. Без такого концептуального фундамента становится невозможным достижение масштабируемости деятельности, долгосрочной устойчивости и, что наиболее важно, измеримого улучшения качества жизни благополучателей.

На законодательном уровне прямого определения понятия «рынок социальных услуг» нет. Однако его суть и ключевые элементы регулируются Федеральным законом от 28.12.2013 № 442-ФЗ «Об основах социального обслуживания граждан в Российской Федерации» (далее – закон № 442-ФЗ). В статье 3 закона № 442-ФЗ закреплён перечень основных понятий, которые формируют понятийный аппарат сферы социального обслуживания. Именно через эти определения и строится правовое регулирование, которое можно трактовать как фундамент рынка социальных услуг.

Хотя термин «рынок» прямо не используется, закон создаёт условия для его формирования. Ключевой момент – понятие «поставщик социальных услуг». До принятия закона № 442-ФЗ поставщиками в основном выступали государственные и муниципальные учреждения. Закон № 442-ФЗ расширил круг поставщиков, включив в него негосударственные организации (коммерческие и некоммерческие) и индивидуальных предпринимателей.

Рынок социальных услуг представляет собой сложную многосубъектную систему, в рамках которой осуществляется взаимодействие производителей (поставщиков) и потребителей (получателей) социальных услуг, направленное на удовлетворение социально значимых потребностей населения, финансируемое за счет бюджетных средств, средств обязательного социального страхования и благотворительных источников. Как отмечает Л. И. Якобсон, ключевой особенностью рынка социальных услуг является доминирование некоммерческих целей и социального эффекта над коммерческой выгодой [4].

Специфика рынка социальных услуг раскрывается через анализ экономической природы социальной услуги как блага. Социальные услуги могут рассматриваться в двух аспектах: во-первых, как вид деятельности, связанный с воздействием на человека как члена общества с целью формирования и развития человеческого капитала; во-вторых, как форма блага – человеческий капитал и его составляющие такие как здоровье, культура, образование [5].

При этом, присутствует феномен «провалов рынка» в социальной сфере, когда наиболее сложные и затратные категории получателей (например, глубокие инвалиды, лица с ментальными расстройствами) не являются привлекательными для негосударственных поставщиков без адекватного государственного субсидирования. В этой связи И. В. Мерсиянова подчеркивает о необходимости развития механизмов софинансирования и страховых моделей покрытия рисков при оказании социальных услуг сложным категориям граждан [4, с. 217-219].

В современной научной литературе сложилось несколько концептуальных подходов по поиску эффективных моделей развития рынка социальных услуг. Рассмотрим некоторые из них.

Институциональный подход. В рамках институциональной теории значительное распространение получил подход, основанный на внедрении гибридных или как их называют смешанных моделей, объединяющих производителей и источники финансирования, относящиеся к государственному, корпоративному и общественному секторам экономики [10, с. 754].

Неоинституциональный подход: факторы развития негосударственного сектора. Альтернативная исследовательская традиция сосредоточена на выявлении и структурировании факторов, определяющих динамику негосудар-

ственного сектора социальных услуг. Внешние факторы связаны с деятельностью федеральных и региональных властей по обеспечению благоприятных условий для развития альтернативных поставщиков. Внутренние факторы определяются деятельностью самих негосударственных организаций в виде экономического потенциала сектора, активности НКО, наличия инфраструктурных организаций [11].

Социологический подход: ориентация на потребителя. Значительный пласт исследований сосредоточен на анализе спроса и удовлетворённости получателей социальных услуг. С одной стороны, среди граждан старшего поколения сохраняется убеждённость, что только государственные учреждения могут предоставлять качественные и бесплатные услуги. С другой стороны, многие НКО не стремятся входить в региональные реестры поставщиков из-за низких тарифов, сложных механизмов отчётности и возмещения затрат [12, с. 72-74].

В своих исследованиях С. П. Азарова и Н. Ф. Солдатова [10] акцентируют внимание на сегментации потребительского рынка социальных услуг в контексте старения населения. Авторы выделяют две основные группы пожилых людей: активно работающие категории: мужчины от 60 до 69 лет, женщины от 55 до 69 лет со стабильными среднедушевыми доходами, способные удовлетворять потребности в социальных услугах через коммерческий сектор; возрастная группа мужчин и женщин от 69 лет и старше, для которой критически важны услуги по сохранению здоровья и организации быта, получаемые через бюджетные учреждения [10, с. 46].

Стратегический подход: развитие диверсифицированной системы. В работах А. В. Старшиновой [14, 15, 16] анализируются стратегии развития новых институциональных форм социального обслуживания в контексте трансформации социального государства от статуса «обеспечивающего» к статусу «сервисный». Автор отмечает, что, несмотря на рост клиентоориентированности, для большинства НКО преобладающим остаётся вектор выполнения социальной миссии при сохранении высокой зависимости от государственной финансовой поддержки.

Важно отметить, что в рамках экономического анализа социальные услуги рассматриваются как особый вид экономической деятельности, направленный на производство нематериальных благ [19]. В отличие от материальных благ, социальные услуги не могут накапливаться и храниться, что придает особый характер экономическим отношениям в данной сфере [20]. Затраты на развитие рынка социальных услуг, следовательно, носят инвестиционный характер, так как обеспечивают накопление человеческого капитала и повышение качества трудовых ресурсов [23].

В контексте экономической науки экономическая функция социальной работы определяется как деятельность субъектов системы социальной защиты населения по созданию ресурсной базы, формированию и рациональному распределению экономических ресурсов, обеспечивающих средства существования и развития личности, семьи и общества в целом. Данная функция включает элементы формирования ресурсов, их распределения и контроля за эффективным использованием [25]. В реализации экономической функции участвуют три ключевых субъекта: государство, общество и сам человек, причем в современных условиях первостепенная роль принадлежит государству [25].

Особую значимость приобретают экономические принципы, которые выступают научно обоснованными положениями, определяющими формы и методы экономической деятельности учреждений социальной защиты населения. В литературе выделяются основополагающие принципы: принцип гуманизма, принцип социальной справедливости, принцип общественной целесообразности, принцип экономической эффективности, принцип приоритета государственных начал, принцип экономической самостоятельности местных органов [21, с. 830-831].

С экономической точки зрения социальные услуги представляют собой нематериальное экономическое благо, производство и потребление которого совпадают во времени и пространстве, а инвестиции в их развитие обеспечивают формирование и накопление человеческого капитала. Указанная теоретическая рамка позволит в дальнейшем перейти к анализу императивов цифровой трансформации данной системы.

Современная экономическая наука рассматривает рынок социальных услуг как сложную многосубъектную систему, в которой переплетаются рыночные и социально-общественные отношения. Как справедливо отмечает Н. И. Ларионова, данный рынок обладает двойственной противоречивой природой: с одной стороны, здесь действуют механизмы купли-продажи, с другой – социальные услуги выступают как общественные блага, не являющиеся предметом обмена в классическом понимании [19].

Объектом рыночных отношений выступает социальная услуга как специфическое благо, реализуемое на нескольких взаимосвязанных локальных рынках региона. В основе такого взаимодействия лежат потребности населения и общества в формировании уровня потребления социальных благ, при этом данные потребности носят специфический характер и во многом зависят от региональных факторов спроса [20].

Концептуализация развития социально ориентированных НКО (СО НКО) позволяет преодолеть фрагментарность мер поддержки и выстроить комплексную систему, включающую оптимизацию административной нагрузки, развитие инфраструктуры и решение кадровых вопросов. Такой подход обеспечивает методологическое единство в определении направлений государственной политики, что критически важно в условиях цифровизации и необходимости поддержания социальной стабильности в постиндустриальный период. Систематизация деятельности НКО через долгосрочные концептуальные документы, разработанные на основе широкого общественного обсуждения, способствует повышению доверия к некоммерческому сектору как к профессиональному и эффективному поставщику услуг. В конечном итоге последовательная реализация концептуальных основ развития НКО выступает инструментом индивидуализации социальной поддержки и диверсификации источников финансирования социальной сферы, что является ответом на современные глобальные вызовы [].

В рамках реализации концептуального подхода к развитию НКО в социальной сфере целесообразно выделить две основные модели. Первая модель основана на партнерстве некоммерческих организаций с существующими коммерческими структурами. Ее достоинством является синергетический эффект, достигаемый за счет объединения компетенций и ресурсов: некоммерческие программы дополняются коммерческими услугами, что позволяет более эффективно решать комплексные социальные проблемы. Вторая модель предполагает создание на базе НКО собственных коммерческих подразделений, тиражирующих успешные социальные практики на возмездной основе либо развивающих смежные услуги. Данная модель, как отмечает О. И. Бородкина, позволяет не только укреплять финансовую базу, но и обеспечивать повышение квалификации специалистов за счет средств от коммерческой деятельности [8; 9].

Алгоритмизация реализации концептуального подхода предполагает прохождение ряда последовательных этапов [29; 30]. На первом этапе осуществляется диагностика текущего состояния НКО и оценка ее ресурсного потенциала. Второй этап связан с идентификацией социальной проблемы и оценкой возможности ее решения в гибридном формате. Третий этап включает разработку бизнес-модели, учитывающей как социальную миссию, так и требования экономической эффективности. При этом особое значение имеет соблюдение баланса между коммерческими и некоммерческими целями во избежание размывания миссии организации. Четвертый этап предполагает организационно-правовое оформление гибридной структуры и выстраивание взаимодействия с региональными органами власти.

Важным аспектом предлагаемого концептуального подхода является его соответствие общемировым тенденциям развития третьего сектора. Вместе с тем российская специфика, обусловленная институциональным контекстом и особым характером взаимодействия НКО с государством, требует адаптации зарубежных моделей к местным условиям [8; 31; 32].

Учитывая разнородность задач, стоящих перед некоммерческими организациями, и различие во временном горизонте их реализации, предлагается дифференцировать алгоритм внедрения концептуального подхода на три взаимосвязанные группы: краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный алгоритмы. Такое структурирование позволяет согласовать операционные действия с долгосрочными целями институционального развития и обеспечивает гибкость управленческих решений, что особенно актуально в условиях неопределенности внешней среды.

Таким образом, трехуровневая структура алгоритмов обеспечивает последовательную реализацию концептуального подхода: от быстрых тактических побед при краткосрочном алгоритме через институционализацию процессов среднесрочного алгоритма к системной трансформации и устойчивому развитию при долгосрочном алгоритме. Взаимосвязь этапов позволяет НКО гибко адаптироваться к изменениям внешней среды, сохраняя стратегический вектор развития.

Литература

1. Федеральный закон «Об основах социального обслуживания граждан в Российской Федерации» от 28.12.2013 № 442-ФЗ – [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156558/

2. Якобсон, Л. И. Самоорганизация граждан, благотворительность и третий сектор: теории, история и современные тенденции / Л. И. Якобсон // под ред. Л.И. Якобсона. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2024. – 376 с.

3. Платонова, Ю. Ю. Особенность развития рынка социальных услуг / Ю. Ю. Платонова // Ученые записки Санкт-Петербургского государственного института психологии и социальной работы. – 2009. – Т. 12, № 2. – С. 114-119. – EDN LADMWV

4. Мерсиянова, И. В. Мониторинг состояния гражданского общества: методология и структура / И. В. Мерсиянова // В кн.: Самоорганизация граждан, благотворительность и третий сектор / под ред. Л. И. Якобсона. – М.: ИД ВШЭ, 2024. – С. 109-227.

5. Клячко, Т. Л. Экономика некоммерческого сектора: теория и практика. / Т. Л. Клячко // – М.: Дело, 2023. – 312 с.

6. Беневоленский, В. Б., Дискин, И. Е., Иванова, Н. В., Мерсиянова И. В., Туманова, А. С., Шабанова, М. А., Якобсон, Л. И. Самоорганизация граждан, благотворительность и третий сектор: теории, история и современные тенденции / В. Б. Беневоленский, И. Е. Дискин, Н. В. Иванова, И. В. Мерсиянова, А. С. Туманова, М. А. Шабанова, Л. И. Якобсон; под ред. Л. И. Якобсона; // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2024 – 376 с. – 600 экз. – ISBN 978-5-7598-4106-7 (в пер.). – ISBN 978-5-7598-4077-0 (e-book)

7. Огородникова, Е. С., Плахин, А. Е., Хохолуш, М. С. Оценка результатов внедрения гибридных моделей развития сферы социальных услуг в регионах России / Е. С. Огородникова, А. Е. Плахин, М. С. Хохолуш / Экономика региона, 19 (3), 753-765. (2023). URL: https://doi. org/10.17059/ekon.reg.2023-3-11
8. Архипова, Е. Б., Старшинова, А. В., Бородкина, О. И. Факторы развития негосударственного сектора социальных услуг в российских регионах / Е. Б. Архипова, А. В. Старшинова, О. И. Бородкина // журнал «Мир России». Т. 32. № 4. С. 96–118. 2023. DOI: 10.17323/1811-038X-2023-32-4-96-118
9. Архипова, Е. Б., Бородкина, О. И. Особенности социального обслуживания в населенных пунктах различных типов: взгляд потребителей услуг (по результатам всероссийского опроса) / Е. Б. Архипова, О. И. Бородкина // Социологический журнал № 28 (4), 2022 – С. 60–81
10. Азарова, С. П. Новые возможности и риски потребления социальных услуг потребителями старшего поколения / С. П. Азарова, Н. Ф. Солдатова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2024. – № 2. – С. 44-48. – DOI 10.56584/1560-8816-2024-2-44-48. – EDN ODNNSI.
11. Старшинова, А. В. Новые институциональные формы социального обслуживания: векторы развития / А. В. Старшинова // Журнал исследований социальной политики. – 2023. – № 21 (3). – С. 415–432
12. Старшинова, А. В. Актуальные проблемы цифровизации социальных услуг, коллективная монография // А. В. Старшинова, под ред. О. И. Бородкиной, А. В. Старшиновой – СПб.: Скифия-принт, 2021. – 232 с. ISBN 978-5-98620-561-8
13. Мордвинова, Т. С. Развитие диверсифицированной системы социальных услуг в России (на примере Свердловской области) : магистерская диссертация / Т. С. Мордвинова ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Уральский гуманитарный институт, Кафедра социальной работы. – Екатеринбург, 2024. – 93 с. – Библиогр.: с. 88-92 (36 назв.).
14. Гасумова, С. Е. Процесс цифровизации системы социальных услуг в России: социологический анализ / С. Е. Гасумова // Дис. ... д-ра социол. наук : 5.4.4 / С. Е. Гасумова. – Пермь : ПГНИУ, 2023. – 296 с.
15. Саркитов, А. А. Экономика социальной работы / А. А. Саркитов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 8 (88). – С. 829-831.
16. Егоров, Е. В. Экономика и развитие социальной сферы : учебное пособие / Е. В. Егоров // Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Экономический факультет. – Москва : МАКС Пресс, 2023. – 165 с. – DOI 10.29003/m3463.978-5-317-07021-2.
17. Егоров, Е. В. Экономика и развитие социальной сферы / Е. В. Егоров // ИСТИНА. – 2023. – Режим доступа: https://istina.ficp.ac.ru/publications/book/582331230/
18. Кухтинова, Л. Г. Экономический механизм управления сферой социальных услуг (теория и практика) / Л. Г. Кухтинова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. – Самара, 2007. – 46 с. – EDN ZNNVCP
19. Ларионова, Н. И. Институционализация рынка социальных услуг: теория, методология : автореферат дис. ... доктора экономических наук : 08.00.01 / Н. В. Ларионова; [Место защиты: Чуваш. гос. ун-т им. И.Н. Ульянова]. – Чебоксары, 2010. – 41 с.
20. Смирнов, В. М. Особенности рынка оказания услуг в сфере социального обслуживания и проблемы оценки их качества / В. М. Смирнов, С. М. Башарина (Сунцова), А. А. Башарина // Социально-политические науки. – 2023. – Т. 13, № 6. – С. 130-139. – DOI: 10.33693/2223-0092-2023-13-6-130-139. – EDN BKKPDG
21. Саркитов, А. А. Экономика социальной работы / А. А. Саркитов // Молодой ученый. – 2015. – № 8 (88). – С. 829-831
22. Гасумова, С. Е. Процесс цифровизации системы социальных услуг в России: социологический анализ : дис. ... д-ра социол. наук : 5.4.4 / С. Е. Гасумова. – Пермь : ПГНИУ, 2023. – 296 с.
23. Тюхов, Д. С. Инфраструктурная поддержка социально ориентированных некоммерческих организаций в России: теоретический аспект / Тюхов Д. С. // Петербургский экономический журнал. – 2023. – № 3
24. Артамонова, А. С. Динамика развития социально ориентированных некоммерческих организаций как поставщиков социально значимых услуг в регионах Северо-Западного федерального округа Российской Федерации / А. С. Артамонова // Вестник университета. – 2024. – № 2. С. 171–180.
25. Чикова, Е. В. Актуальные проблемы развития третьего сектора социальных услуг на Дальнем Востоке (на примере Хабаровского и Приморского краев) / Е. В. Чикова, О. И. Бородкина // Регион: Экономика и Социология. – 2024. – № 3(123). – С. 154-178. – DOI 10.15372/REG20240307. – EDN BJMHZE.
26. Пилипенко, А. Д. Роль социально ориентированных некоммерческих организаций в развитии гражданского общества современной России : диссертация на соискание ученой степени кандидата политических наук / Пилипенко Александр Дмитриевич // Москва, 2023. – 215 с. – EDN JIFXMU
27. Бальбот Н. А., Крыштановская О. В. Роль «третьего сектора» в политической карьере мужчин и женщин в России // Вестник Института социологии. – 2024. Том 15. № 4. С. 133–154, DOI: 10.19181/vis.2024.15.4.6; EDN: TOBZTK.
28. Гергель, Р. М. Теоретико-методологические основы функционирования некоммерческого сектора на рынке социальных услуг / Р. М. Гергель // научная статья – сетевой научно-практический журнал «Прикладные экономические исследования». – 2025. – № S4. – С. 101-111
29. Бессарабов, В. О. Концептуальный подход к развитию ресурсного потенциала рынка социальных услуг / В. О. Бессарабов, М. Г. Абдурахимова // Экономическое развитие России. 2026. – Т. 33, № 2. – С. 207-211. – EDN MZZBTU
30. Бессарабов, В. О. Ресурсный потенциал сферы услуг как фактор ее динамичного развития / В. О. Бессарабов, М. Г. Абдурахимова // Экономическое развитие России. – 2025. – Т. 32, № 9. – С. 317-321. – EDN FOXZHO
31. Бессарабова, А. А. Особенности рекламы в социальных сетях / А. А. Бессарабова, В. В. Насекайло // Современные информационные технологии в условиях новых вызовов : Материалы VIII Международной научной интернет-конференции, Донецк, 16 мая 2025 года. – Донецк: Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, 2025. – С. 29-32. – EDN NGEUQQ
32. Бессарабов, В. О., Гергель Р. М. Гносеологическая модель природы некоммерческих организаций в сфере социальных услуг / В. О. Бессарабов, Р. М. Гергель // Научно-аналитический журнал «Экономическое развитие России». – 2026. – Т. 33, № 5. – С. 6-11. – EDN FOXZHO

Conceptual framework development of non-profit organizations in the field of social services

Gergel R.M.
Mikhail Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the conceptual foundations of strategic development of non-profit organizations (NPOs) in the field of social services under conditions of transformation of the socio-economic system. Special attention is paid to the economic nature of social services as intangible goods, the investment nature of expenditures on their development, and the role of human capital. The necessity of conceptualizing the development of socially oriented NPOs is substantiated; two models of their development are proposed — partnership with commercial structures and the creation of their own commercial units.

Keywords: social services, social services market, socially oriented NPOs, strategic development, conceptual approach, digital transformation.

References

1. Federal Law "On the basics of social security of Citizens in the Russian Federation" dated December 28, 2013 No. 442 – FZ - [Electronic resource] - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156558/
2. Yakobson, L. I. Self–organization of citizens, landscaping and the third sector: theory, history and modern trends / L. I. Yakobson // edited by L.I. Yakobson. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2024. 376 p.
3. Platonova, Yu. The peculiarity of the development of the social services market / Yu. Yu. Platonova // educational notes of the St. Petersburg State Institute of Psychology and Social Work. – 2009. – Vol. 12, No. 2. – pp. 114-119. – EDN LADMWV
4. Mersiyanova, V. Monitoring the state of civil society: methodology and structure / I. V. Mersiyanova // In: Self–organization of citizens, landscaping and the Third sector / edited by L. I. Yakobson. Moscow: HSE Publishing House, 2024. pp. 109-227.
5. Klyachko, T. L. Economics of the non–profit sector: theory and practice. / T. L. Klyachko / / Moscow: Delo, 2023. – 312 p.
6. Benevolensky, V. B., Diskin, I. E., Ivanova, N. V. Mersiyanova, V., Tumanova, A. S., Shabanova, M. A., Yakobson, L. I. Self-organization of citizens, landscaping and the third sector: theory, history and modern trends / In B. Benevolensky, E. Diskin, N. V. Ivanova. V. Mersiyanova, A. S. Tumanova, M. A. Shabanova, L. I. Yakobson; edited by L. I. Yakobson; // National research. University of Higher School of Economics. Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2024-376 p. – 600 copies. - ISBN 978-5-7598-4106-7 (in translation). – ISBN 978-5-7598-4077-0 (e-book)
7. Ogorodnikova, E. S., Plakhin, A. E., Khokholush, M. S. Evaluation of the results of the introduction of hybrid models for the development of social services in the regions of Russia / E. S. Ogorodnikova, A. E. Plakhin, M. S. Khokholush / Economics of the region, 19 (3), 753-765. (2023). URL: https://doi. org/10.17059/ekon.reg.2023-3-11
8. Arkhipova, E. B., Starshinova, A.V., Borodkina, O. I. Factors of the development of an unfavorable social service sector in Russian regions / E. B. Arkhipova, A.V. Starshinova, D. I. Borodkina / / Mir Rossii magazine. Vol. 32. No. 4. pp. 96-118. 2023. DOI: 10.17323/1811-038X-2023-32-4-96-118
9. Arkhipova, E. B., Borodkina, O. I. Features of social services in settlements of various types: the view of consumers of services (based on the results of the All–Russian crisis) / E. B. Arkhipova. I. Borodkina // Sociological Journal No. 28 (4), 2022 - pp. 60-81
10. Azarova, S. P. New opportunities and risks of using social services by older consumers / S. P. Azarova, N. F. Soldatova // RISK: resource, Information, leniency, Competition – 2024. – No. 2. – pp. 44-48. – DOI 10.56584/1560-8816-2024-2-44-48. – EDN ODNNSI.
11. Starshinova, A.V. New institutional forms of social cooperation: development vectors / A.V. Starshinova // Journal of Social Policy Research – 2023. – № 21 (3). – Pp. 415-432
12. Starshinova, A.V. Actual problems of digitalization of social services, a collective monograph // A.V. Starshinova, ed.. I. Borodkina, A.V. Starshinova-St. Petersburg: Scythia-print, 2021. – 232 P. ISBN 978-5-98620-561-8
13. Mordvinova, T. S. Development of a diversified social service system in Russia (on the example of the Sverdlovsk region) : Master's thesis / T. S. Mordvinova ; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ural Humanitarian Institute, Department of Social Work - Yekaterinburg, 2024. – 93 p. - Bibliogr.: pp. 88-92 (36 titles).

Методический подход к анализу эффективности использования энергоресурсов на промышленном предприятии

Кокшаров Владимир Алексеевич
доктор экономических наук, профессор, кафедра «Экономика транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения, vakoksharov@mail.ru

В статье анализируется система обобщающих и частных показателей, с помощью которых можно оценивать эффективность использования энергоресурсов на промышленном предприятии и выстраивать структурно-логическую модель факторного анализа энергоемкости. На примере расчетов показывают как с помощью обобщающих и частных показателей можно анализировать энергоемкость продукции и делать определенные выводы по реализации энергетической политики в рамках организации энергоэффективности и энергосбережения производственного процесса на промышленном предприятии. Резервы сокращения затрат устанавливается по каждой статье расходов за счет конкретных инновационных мероприятий по энергопотреблению.
Ключевые слова: эффективность, энергетические ресурсы, энергоемкость, факторный анализ, энергоэффективность.

Для характеристики эффективности потребления энергетических ресурсов необходимо применять систему обобщающих и частных показателей.

Обобщающие показатели – это прибыль на рубль энергетических затрат, энергоотдача, энергоемкость, коэффициент соотношения темпов роста объема Производства и энергетических затрат, удельный вес энергетических затрат в себестоимости продукции, коэффициент энергетических затрат.

Прибыль на рубль энергетических затрат – наиболее обобщающий показатель эффективности использования энергетических ресурсов; определяется отношением суммы полученной прибыли от производственной деятельности на сумму энергетических затрат.

Энергоотдача – определяется делением стоимости производственной продукции на сумму энергетических затрат. Этот показатель характеризует отдачу энергоресурсов, т.е. количество произведенной продукции с каждого рубля потребленных с каждого рубля потребленных энергоресурсов (топлива, теплоэнергии, электроэнергии, вторичных энергоресурсов).

Энергоемкость продукции (отношение суммы энергетических затрат к стоимости произведенной продукции) – показывает, сколько энергетических затрат требуется или фактически приходиться на производство единицы продукции [1].

Коэффициент соотношения темпов роста объема производства и энергетических затрат – определяется отношением индекса валового производства продукции к индексу энергетических затрат. Он характеризует в относительном выражении динамику энергоотдачи и одновременно раскрывает факторы ее роста.

Удельный вес энергетических затрат в себестоимости продукции – исчисляется отношением суммы энергетических затрат к полной себестоимости произведенной продукции. Динамика этого показателя характеризует изменение энергоемкости продукции.

Коэффициент энергетических затрат – представляет собой отношение фактической суммы энергетических затрат к плановой, пересчитанной на фактический объем выпущенной продукции. Он показывает, насколько эффективно используются энергоресурсы в процессе производства, нет ли перерасхода по сравнению с установленными нормами. Если коэффициент больше единицы, то это свидетельствует о перерасходе энергетических ресурсов на производство продукции, и наоборот, если меньше единицы, энергетические ресурсы использовались более экономично, чем планировалось.

Частные показатели применяются для характеристики эффективности использования отдельных видов энергетических ресурсов (электроемкость, топливоемкость, вторичные энергоресурсы и др.), а также для характеристики уровня энергоемкости отдельных изделий.

Удельная энергоемкость может быть исчислена как в стоимостном выражении (отношении стоимости всех потребленных энергоресурсов на единицу продукции к ее оптовой цене), так и в натуральном или условно-натуральном выражении (отношение количества или массы израсходованных энергетических ресурсов на производство i – го вида продукции к количеству выпущенной продукции этого вида).

В процессе анализа фактический уровень показателей эффективности использования энергоресурсов сравнивают с плановым, изучают их динамику и причины изменения (рис. 1), а также влияние объема производства на расход энергоресурсов.

Общая энергоемкость зависит от объема выпуска продукции и суммы энергетических затрат на ее производство. Объем же выпуска продукции в стоимостном выражении (ВП) может изменяться за счет количества произведенной продукции (VВП) ее структуры ($У_{Дi}$) и уровня отпускных цен (ЦП). Сумма энергетических затрат (ЭП) также зависит от объема произведенной продукции, ее структуры, расхода энергоресурсов на единицу продукции, стоимости

энергоресурсов (ЦЭ). В итоге общая энергоемкость зависит от объёма произведенной продукции, ее структуры, норм расхода энергоресурсов на единицу продукции, цен на энергетические ресурсы, отпускных цен на продукцию.

Факторную модель энергоемкости можно представить следующим образом[2]:

$$ЭП = \frac{ЭЗ}{ВП} = \frac{\sum\left(VЭП_{общ} \cdot У_{Д_i} \cdot У_{Pi} \cdot ЦЭ_i\right)}{\sum\left(VВП \cdot У_{Д_i} \cdot ЦП_i\right)}$$

Используя данные табл.1 влияние данных факторов на энергоемкость можно определить способом цепной подстановки (табл. 2).

Из таблицы видно, что энергоемкость в целом возросла на 1, 7 коп., в том числе за счет изменения:

Объем энергопотребления 43,88 – 43,75 = +0,13 коп.;

Структура энергопотребления 46,71 – 43,88 = +2,83 коп.;

Удельный расход

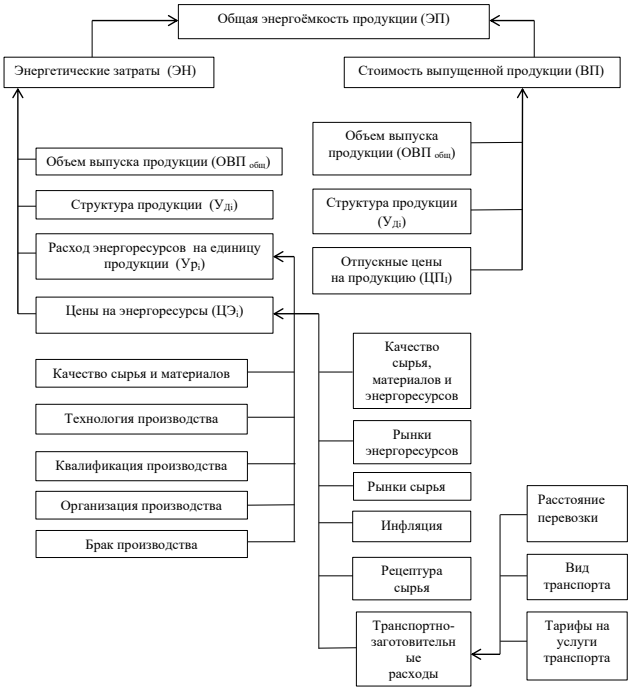


Рис. 1 Структурно-логическая модель факторного анализа энергоемкости

Таблица 1
Данные для анализа энергоёмкости продукции

Показатель	Алгоритм расчета	Сумма, тыс. руб.
1.Затраты энергоресурсов на продукцию:		
базового период	$\sum(VЭП_{io} \cdot У_{io} \cdot ЦЭ_{io})$	35 000
b) базового периода, пересчитанного на фактическое потребление энергоресурсов при сохранении базовой структуры	$ЭП_o \cdot ВП_1 / ВП_0$	33 350
в) по базовым нормам и ценам на фактический объем энергопотребления	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{io} \cdot ЦЭ_{io})$	39 050
г) фактически по базовым ценам	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{i1} \cdot ЦЭ_{io})$	37 600
д) фактически отчетного периода	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{i1} \cdot ЦЭ_{i1})$	45 600
2. Стоимость валового выпуска продукции:		
а) базового периода	$\sum(VВП_{io} \cdot ЦП_{io})$	80 000
б) фактически при базовой структуре и базовых ценах	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{io}) \pm \Delta ВП_{стр}$	76 000
в) фактически при фактической структуре по базовым ценам	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{io})$	83 600
г) фактически в отчетном периоде	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{i1})$	100 320

Таблица 2
Факторный анализ энергоемкости продукции

Показатель	Условия расчета					Расчет энергоемкости	Уровень энергоёмкости
	Объем энергопотребления	Структура энергоресурсов	Расход энергоресурсов на изделие	Цены на энергоресурсы	Цены на продукцию		
ЭН0	t_0	t_0	t_0	t_0	t_0	35 000: 80 000	43,75
$ЭН_{усл1}$	t_1	t_0	t_0	t_0	t_0	33 350: 76 000	43,88
$ЭН_{усл2}$	t_1	t_1	t_0	t_0	t_0	39 050: 83 600	46,71
$ЭН_{усл3}$	t_1	t_1	t_1	t_0	t_0	37 600: 83 600	44,98
$ЭН_{усл4}$	t_1	t_1	t_1	t_1	t_0	45 600: 83 600	54,55
$ЭН_1$	t_1	t_1	t_1	t_1	t_1	45 600: 100 320	45,45

энергопотребления 44,98 – 46,71 = - 1,73 коп.;
Цен на энергоресурсы 54,55 – 44,98 = + 9,57 коп.;
Отпускных цен на продукцию 45,45 – 54,33 = - 9,10 коп.

Итого + 1,7 коп.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на предприятии в отчетном году увеличился удельный вес продукции с более высоким уровнем энергоемкости. Достигнута некоторая экономия энергоресурсов по сравнению с утверждёнными нормами, в результате чего энергоемкость снизилась на 1.73 коп., или на 3,95%. Наиболее существенное влияние на повышение энергоемкости продукции оказал рост цен на энергоресурсы в связи с инфляцией. За счет этого фактора уровень энергоемкости повысился на 9, 57 коп., или 21,8 %. Причем темпы роста цен на энергоресурсы превосходили темпы роста цен на продукцию. В связи с ростом отпускных цен энергоемкость снизилась, но не в такой степени, в какой она возросла за счет предыдущего фактора.

Далее необходимо проанализировать показатели частной энергоемкости (электроемкость, топливоемкость) как составные части общей энергоемкости (табл. 3).

Таблица 3

Показатель	Значение показателя		Изменения
	t_0	t_1	
Выпуск продукции тыс. руб.	80 000	100320	+20320
Энергетические затраты, тыс. руб.	9800	13100	+3300
В том числе			
Топливо	5600	7524	+1924
электроэнергия	4200	6576	+2376
Общая энергоемкость	12,25	14,05	+1,8
В том числе			
Топливоемкость	7,0	7,5	+ 0.5
электроемкость	5,25	6,55	+1,3

Следует изучить также энергоемкость отдельных видов продукции и причины изменения ее уровня: изменение удельного расхода энергоресурсов, их стоимости и отпускных цен на продукцию. Рассчитаем их влияние на энергоемкость ($ЭП$) изделия А способом цепной подстановки [3]:

$$ЭП_{i0} = \frac{\sum(У_{Pi0} \cdot ЦЭ_{i0})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 48{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{усл1} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i0})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 46{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{усл2} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i1})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 60{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{i1} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i1})}{ЦП_{i1}} \cdot 100 = 50{,}0 \text{ коп.};$$

Энергоемкость данного вида продукции повысилась в целом на 2 коп., в том числе за счет изменения:

расхода энергоресурсов на единицу продукции

$$\Delta ЭП_{ур} = ЭП_{ус1} - ЭП_0 = 46 - 48 = -2 \text{ коп.};$$

цен на энергоресурсы

$$\Delta ЭП_{цэ} = ЭП_{усл2} - ЭП_{усл1} = 60 - 46 = +14 \text{ коп.};$$

отпускных цен на продукцию

$$\Delta ЭП_{цп} = ЭП_1 - ЭП_{усл2} = 50 - 60 = -10 \text{ коп.};$$

Аналогичные расчеты делаются по всем видам продукции (табл. 4).

Таблица 4

Изделие	Энергоемкость, коп.				Изменение, коп.			
	t_0	Усл.1	Усл.1	t_1	Общее	В том числе за счет		
						УР	*ЦЭ*	*ЦП*
А	48	46	60	50	+2,0	- 2,0	+14	-10,0
Б	30	29,3	33,3	28,6	-1,4	- 0,7	+ 4,0	- 4,7
И т.д.	….	…..						

Последующий анализ должен быть направлен на изучение изменения расхода энергетических ресурсов на единицу продукции и цен на энергоресурсы.

Количество расходуемых энергетических ресурсов на единицу продукции может изменяться за счет качества материалов, замены одного вида другим, техники и технологии производства, организации материально-технического снабжения и производства, квалификации работников, изменения норм расхода, отходов и потерь. Эти причины устанавливаются по актам о внедрении мероприятий, извещениям об изменении нормативов затрат от внедрения мероприятий и т.д.

Стоимость энергоресурсов зависит также от их качества. Внутригрупповой структуры, рынков энергоресурсов, роста цен на них в связи с инфляцией, графика нагрузки энергетических мощностей и т.д.

Зная факторы изменений суммы энергетических затрат, влияние их на уровень энергоемкости можно определить следующим образом [4]:

$$\Delta ЭП_{X_i} = \Delta ЭЗ_{X_i} / ВП_0,$$

где $\Delta ЭП_{X_i}, \Delta ЭЗ_{X_i}$ – абсолютный прирост соответственно энергоемкости и энергетических затрат за счет i-го фактора.

Если какой-либо фактор воздействует одновременно на сумму энергетических затрат и объема производства продукции, то расчет его влияния на изменение уровня энергоемкости производится следующим образом

$$\Delta ЭП_{X_i} = \frac{ЭЗ_0 + \Delta ЭЗ_{X_i}}{ВП_0 + \Delta ВП_{X_i}} - \Delta ЭП_0.$$

Например, за счет использования более качественного энергоресурса для выпуска продукции сумма энергетических затрат возросла на 5300 тыс. руб., а стоимость произведенной продукции – 4700 тыс. руб. Энергоемкость из за этого повысилась на

Как уже отмечалось, одним из показателей эффективности использования энергетических ресурсов является прибыль на рубль энергетических затрат. Ее повышение положительно характеризует работу предприятия. В процессе анализа необходимо изучить динамику данного показателя, выполнения плана по его уровню, провести межхозяйственное сравнение и установить факторы изменения его величины. Для этого можно использовать следующую факторную модель[5]:

$$\frac{П}{ЭЗ} = \frac{П}{В} \cdot \frac{В}{ВП} \cdot \frac{ВП}{ЭЗ} = R_{об} \cdot Д_{РП} \cdot ЭО,$$

где $П$ – прибыль от реализации продукции;

$В$ – выручка от реализации продукции;

$R_{об}$ – рентабельность оборота;

$Д_{РП}$ – доля реализованной продукции в общем ее выпуске;

$ЭО$ – энергоотдача.

Расчет их влияния произведем по данным табл. 5.

Таблица 5

Данные для факторного анализа прибыли на рубль энергетических затрат

Показатель	Значение показателя		Изменение
	t_0	t_1	
Прибыль от реализации продукции (П), тыс. руб.	15 477	18587	+3120
Выручка от реализации продукции (В), тыс. руб.	83414	97120	+13 706
Объем выпуска продукции, тыс. руб.	80000	100320	+20 320
Энергетические затраты (ЭЗ), тыс. руб.	35000	45600	+10 600
Рентабельность оборота ($R_{об}$), %	18,55	19,15	+0,60
Доля выручки в общем выпуске продукции ($Д_{рп}$)	1,043	0,968	- 0,075
Энергоотдача (ЭО), руб.	2,286	2,2	- 0,086
Прибыль на 1 руб. энергетических затрат	44,22	40,78	- 3,44

Из табл. 5 видно, что в отчетном году прибыль на рубль энергетических затрат снизилась на 3,44 коп., или на 7,8%, в том числе за счет изменения:

энергоотдачи

$$\Delta ЭО \cdot Д_{РП_0} \cdot R_{об_0} = (-0,86)1,043 \cdot 18,55 = -1,66 \text{ коп.};$$

доли реализованной продукции в общем объеме ее производства

$$\Delta ЭО_1 \cdot Д_{РП} \cdot R_{об_0} = 2,2 \cdot (-0,75) \cdot 18,55 = -3,06 \text{ коп}$$

рентабельность продаж

$$\Delta ЭО_1 \cdot Д_{РП_1} \cdot R_{об} = 2,2 \cdot 0,96 \cdot (+0,60) = +1,28 \text{ коп.}$$

Углубить факторный анализ данного показателя можно за счет детализации энергоотдачи и рентабельности продаж, для чего можно использовать способ пропорционального деления (табл. 6). На основании результатов анализа следует выработать тактическую и стратегическую политику в области энергосбережения, направленную на повышение эффективности использования энергетических ресурсов на предприятии. В связи с этим большую актуальность приобретает определение источников резервов снижение себестоимости промышленной продукции (Р ↓ С) к которым следует отнести:

Таблица 6

Расчет влияния факторов второго порядка на уровень рентабельности энергетических затрат

Факторы изменения энергоотдачи	Изменение энергоотдачи	Изменение прибыли на рубль энергетических затрат
Объем выпуска продукции	+0,443	+8,55
Структура продукции	- 0,588	- 11,35
Удельный расход энергетических ресурсов на единицу продукции	+0,082	+1,58
Цены на энергетические ресурсы	- 0,340	- 6,56
Отпускные цены на продукцию	+0,317	+6,12
Итого	- 0,086	- 1,66

увеличение объема ее производства за счет более полного использования производственной мощности предприятия (Р ↑ VВП);

сокращение затрат на ее производство (Р ↓ З) за счет повышения уровня производительности труда, экономного использования сырья, материалов электроэнергии, топлива, оборудования, сокращения непроизводительных расходов, производственного брака и т.д.

Величина резерва снижения себестоимости единицы продукции может быть определена следующим образом

$$P \downarrow C = C_B - C_1 = \frac{З_1 - P \downarrow З + З_Д}{VВП_1 + P \uparrow VВП} - \frac{З_1}{VВП_1},$$

где C_1 и C_B – соответственно фактический и возможный (прогнозируемый) уровни себестоимости единицы продукции;

$З_1$ – фактические затраты на производство продукции в отчетном периоде;

$P \downarrow З$ – резерв сокращения затрат на производство продукции;

$З_Д$ – дополнительные затраты, необходимые для освоения резервов увеличения производства продукции;

$VВП_1, P \uparrow VВП$ – соответственно фактический объем и резерв увеличения производства продукции.

Резервы увеличения производства продукции выявляются в процессе выполнения производственной программы. При увеличении объема производства продукции на имеющихся производственных мощностях возрастают только переменные затраты (прямая зарплата рабочих, прямые материальные расходы электроэнергия, топливо и др.), сумма же постоянных расходов, как правило, не изменяется, в результате снижается себестоимость изделия.

Резервы сокращения затрат устанавливается по каждой статье расходов за счет конкретных инновационных мероприятий (внедрение новой, более прогрессивной техники и технологии производства, улучшения организации труда и др.), которые будут способствовать экономии заработной платы, сырья, материалов, энергии и т.д.

Резерв снижения энергетических затрат (Р ↓ ЭЗ) на производство запланированного выпуска продукции за счет внедрения энергоэффективных технологий можно определить следующим образом [6; 7]

$$P \downarrow ЭЗ = \sum (УР_1 - УР_0) \cdot VВП_{пл} \cdot Ц_{пл},$$

где $УР_1, УР_0$ – расход энергетических ресурсов на единицу продукции соответственно до и после внедрения инновационных мероприятий;

$VВП_{пл}$ – планируемый объем производства продукции;

$Ц_{пл}$ – плановые цены на энергоресурсы.

Резерв сокращения расходов на содержание основных средств за счет реализации, передачи в долгосрочную аренду, консервации и списания ненужных , лишних , неиспользуемых зданий, машин, оборудования $(P \downarrow ОС)$ определяется умножением первоначальной их стоимости на норму амортизации НА:

$$P \downarrow А = \sum (P \downarrow ОС_i НА_i).$$

Резервы экономии накладных расходов выявляются на основе их факторного анализа по каждой статье затрат за счет обоснованного сокращения аппарата управления, экономного использования средств на командировки , почтово-телеграфные и канцелярские расходы, сокращения потерь от порчи материалов и готовой продукции, оплаты простоев и др.

Дополнительные затраты на освоение резервов увеличения производства продукции подсчитывается отдельно по каждому ее виду. Это в основном зарплата за дополнительный выпуск продукции, расход сырья, материалов, энергоресурсов и прочие переменные расходы, которые изменяются пропорционально объему производству продукции. Для установления их величины необходимо резерв увеличения выпуска продукции i –го вида умножить на фактический уровень удельных переменных затрат отчетного периода:

$$З = P \uparrow VВП_i b_{ф}$$

В этом случае происходит загрузка производственных мощностей и происходит два ключевых процесса:

Снижение удельных постоянных издержек: аренда, налоги, зарплата управленцев и амортизация оборудования остаются прежними, но теперь они «размазываются» на тысячи единиц продукции вместо сотен.

Энергоэффективность: технологическое оборудование часто потребляет значительный объем энергии просто для поддержания рабочего состояния (нагрев печей, запуск систем, холостой ход). Чем выше плотность выпуска продукции в единицу времени, тем меньше энергии тратиться на конкретную деталь.

Литература

1. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение/Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008 – 360с.

2. Бесчинский А.А., Коган Ю.М. Экономические проблемы электрификации – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 432 с.

3. Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Гревцов О. В., Санжаровский А. Ю., Молча-нова Я. П. Наилучшие доступные технологии и повышение энергоэффективности // Компетентность. 2019. № 1. С. 30-35.

4. Алексеев Г. Н. Прогнозное ориентирование развития энергоустановок. – М.: Наука, 1978 – 120 с.

5. Анчишкин А.И. Методология прогнозирования народного хозяйства . – Вопросы экономики, 1980 №1. С. 46 – 57
6. Виленский Н.М., Дейч И.Г. , Ратников Б.Е. Уровень электрификации и развитие народного хозяйства. – М.: Наука, 1979. С. 34 – 45.
7. Электропотребление и эффективность промышленного производства . – Известия АН СССР. Серия экономическая, 1979, №4. С. 30 – 41.

A Methodological Approach to Analyzing the Efficiency of Energy Resource Use at an Industrial Enterprise

Koksharov V.A.
Ural State University of Railway Transport

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines a system of aggregate and specific indicators that can be used to evaluate the efficiency of energy resource use at an industrial enterprise and to construct a structural-logical model for the factor analysis of energy intensity. Through illustrative calculations, the paper demonstrates how these aggregate and specific indicators can be employed to analyze the energy intensity of production and draw conclusions regarding the implementation of energy policy—specifically concerning energy efficiency and energy conservation within the industrial production process. Potential cost reductions are identified for each expenditure category, based on specific innovative measures related to energy consumption.

Keywords: efficiency, energy resources, energy intensity, factor analysis, energy efficiency.

References

1. The Electric Power Industry of Russia 2030: A Target Vision / Ed. by B. F. Vainsikher. – Moscow: Alpina Business Books, 2008. – 360 p.
2. Beschinsky A. A., Kogan Yu. M. Economic Problems of Electrification. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: Energoatomizdat, 1983. – 432 p.
3. Guseva T. V., Chechevatova O. Yu., Grevtsov O. V., Sanzharovsky A. Yu., Molchanova Ya. P. Best Available Technologies and Improving Energy Efficiency // Kompetentnost [Competence]. 2019. No. 1. pp. 30–35.
4. Alekseev G. N. Predictive Orientation for the Development of Power Installations. – Moscow: Nauka, 1978. – 120 p.
5. Anchishkin A. I. Methodology for Forecasting the National Economy. – Voprosy Ekonomiki [Problems of Economics], 1980, No. 1. pp. 46–57.
6. Vilensky N. M., Deich I. G., Ratnikov B. E. The Level of Electrification and the Development of the National Economy. – Moscow: Nauka, 1979. pp. 34–45.
7. Electricity Consumption and the Efficiency of Industrial Production. – Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Ekonomicheskaya [Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Economic Series], 1979, No. 4. pp. 30–41.

Разработка организационно-экономических механизмов внедрения циркулярных моделей в промышленном комплексе региона: отраслевые особенности и инструменты поддержки

Скряпкин Сергей Александрович
магистрант, СПБПУ имени Петра Великого, rojelect4@gmail.com

Лямин Борис Михайлович
к.э.н., доцент Высшей школы сервиса и торговли, СПБПУ имени Петра Великого, lyamin_bm@spbstu.ru

Предмет статьи составляют организационно-экономические механизмы внедрения циркулярных моделей в промышленном комплексе региона с учетом отраслевой структуры производства, ресурсных связей предприятий, условий межорганизационной кооперации. Актуальность исследования обусловлена зависимостью замыкания производственных циклов от технологической совместимости ресурсных потоков, инфраструктурной обеспеченности, институциональной среды, устойчивости межфирменных взаимодействий. Цель исследования состоит в разработке организационно-экономического механизма, связывающего региональные условия циркуляризации с выбором форм кооперации, инструментов поддержки циркулярных проектов. Применены анализ научных публикаций, сравнительный анализ, классификация, логико-аналитический анализ, обобщение, синтез. Источниковую основу составили российские исследования 2022–2026 гг., посвященные циркулярным бизнес-моделям, промышленному симбиозу, промышленным экосистемам, цифровой координации, региональной диагностике, институциональному обеспечению. Научная новизна заключается в функциональном согласовании диагностики регионального потенциала, отраслевой дифференциации циркулярных решений, организации кооперации, адресного подбора инструментов поддержки. Полученные положения применимы при проектировании региональных программ циркулярной трансформации промышленности.

Ключевые слова: циркулярная экономика, промышленный комплекс региона, промышленный симбиоз, циркулярные бизнес-модели, промышленная экосистема, ресурсные потоки, цифровая платформа, государственная поддержка, межотраслевая кооперация, циркуляризация.

Введение

Циркулярная трансформация промышленного комплекса региона предполагает перестройку ресурсных связей предприятий, способов использования побочных продуктов производства, инфраструктурного обеспечения обмена вторичными ресурсами, механизмов межфирменной координации. Региональный уровень концентрирует предприятия различных отраслей, перерабатывающую инфраструктуру, промышленные кластеры, экотехнопарки, научно-образовательные организации, органы управления, поэтому эффективность замыкания производственных циклов определяется совместимостью технологических процессов и способностью участников образовывать устойчивые хозяйственные связи.

Отраслевая структура промышленности задает различия в характере циркулярных потоков, продолжительности жизненного цикла продукции, требованиях к качеству вторичных ресурсов, составе участников кооперации. Экономическая реализуемость соответствующих связей зависит от затрат на подготовку ресурса, логистику, технологическую адаптацию, организацию обмена.

Цель исследования состоит в разработке организационно-экономического механизма внедрения циркулярных моделей в промышленном комплексе региона с учетом отраслевых особенностей, инструментов поддержки. Для достижения цели систематизированы факторы региональной готовности к циркуляризации промышленности, установлена связь между отраслевыми характеристиками производства и формой межфирменной кооперации, структурированы организационные, экономические, институциональные, инфраструктурные, цифровые инструменты сопровождения циркулярных проектов.

Научная новизна состоит в функциональном построении регионального механизма, где показатели циркуляризации и потенциала промышленного симбиоза используются для диагностики исходных условий, отраслевые характеристики определяют объект кооперации, выявленные ограничения задают состав инструментов поддержки. Такое построение связывает региональную промышленную политику с параметрами конкретных циркулярных цепочек и создает основу для адресного распределения организационных, инфраструктурных, экономических ресурсов.

Материалы и методы

Материалы исследования представлены современными российскими работами, раскрывающими различные уровни циркулярной трансформации промышленности. Платформенный организационно-экономический механизм управления промышленной интеграцией разработан в работе А.А. Гераськиной [1], где цифровая платформа включена в процессы диагностики, программирования, реализации, мониторинга взаимодействия предприятий. Для Арктической зоны РФ в исследовании Т.А. Головиной, И.Л. Авдеевой [2] рассмотрено развитие циркулярной экономики в сфере обращения с отходами через экотехнопарки, государственную поддержку, партнерство органов власти с бизнесом. Отраслевые возможности циркулярных бизнес-моделей, их экономические эффекты, переходные издержки систематизированы В.П. Золотаревой, Е.А. Ивковой, С.Д. Савиной, А.К. Тятенко [3]. Нормативное измерение промышленного симбиоза раскрыто в работе Р.Ю. Колобова [4] через анализ влияния соответствующей концепции на институциональное регулирование экономической деятельности. Эмпирическая проверка инноваций, инвестиций, цифровизации, экосистемной организации, институциональных условий как факторов циркуляризации проведена Н.А. Косолаповой, Л.Г. Матвеевой, А.Ю. Никитаевой, О.А. Черновой [5]. В модели Д.Ю. Мироновой, И.В. Баранова, В.М. Шеина [6] зона промышленного симбиоза организуется с участием университета как координатора проектов, цифровая платформа обеспечивает взаимодействие субъектов топливно-энергетического комплекса. Возможности формирования симбиотических цепочек между предприятиями агропромышленного комплекса, деревообработки, производства пластика в Псковской области рассмотрены Д.Ю. Мироновой, И.В. Тимахович, Е.Е. Помазковой, Ю.В. Жарковой [7]. Структура промышленной экосистемы раскрыта Л.А. Мочаловой, О.С. Еремеевой, В.Н. Подкорытовым [8] через сочетание кластерного ядра, цифровой платформы, коммуникационно-логистической сети, инновационной инфраструктуры. Региональный уровень циркуляризации оценен А.Ю. Никитаевой, О.С. Шестопаловой [9] по показателям образования и использования отходов, энергоемкости, водоемкости, экологически ориентированных инвестиций. Инструментарий оценки потенциала промышленного симбиоза и типологизации территорий разработан О.А. Черновой [10].

Методический аппарат включал анализ научных публикаций для выделения элементов региональной циркулярной системы, сравнительный анализ организационных моделей кооперации, классификацию инстру-

ментов по объекту воздействия, логико-аналитический анализ зависимости формы циркулярного взаимодействия от отраслевых параметров, обобщение региональных условий реализации проектов, синтез элементов организационно-экономического механизма.

Результаты

Организационно-экономический механизм региональной циркуляризации формируется вокруг движения конкретного ресурса между экономическими субъектами, поэтому единицей управления выступает циркулярная цепочка, объединяющая источник ресурса, технологически совместимого потребителя, инфраструктуру подготовки или перемещения, координирующий элемент. Исследование циркулярных бизнес-моделей связывает выбор способа создания стоимости с отраслевыми условиями, величиной переходных издержек [3], экосистемный подход дополняет уровень предприятия кластерными связями, цифровой платформой, коммуникационно-логистической инфраструктурой [8]. Соединение этих положений переносит анализ с внутренней ресурсной эффективности отдельного предприятия на устойчивость межорганизационного оборота ресурсов.

Первый этап формирования механизма составляет диагностика территории по двум группам характеристик. Подход А.Ю. Никитаевой, О.С. Шестопаловой охватывает фактически сложившиеся параметры циркуляризации через образование и использование отходов, энергоемкость, водоемкость, экологически ориентированные инвестиции [9]. Инструментарий О.А. Черновой ориентирован на потенциал промышленного симбиоза и условия возникновения новых связей между предприятиями [10]. Дополнительное основание для интерпретации этих показателей дают результаты Н.А. Косолаповой, Л.Г. Матвеевой, А.Ю. Никитаевой, О.А. Черновой, где влияние инноваций, инвестиций, цифровизации, экосистемных форм организации, институциональных условий получило неоднозначную эмпирическую оценку вследствие сложности измерения циркулярных процессов, латентного характера части факторов [5]. Региональная диагностика вследствие этого должна объединять показатели текущего использования ресурсов с оценкой возможностей формирования конкретных межфирменных связей [5; 9; 10].

Отраслевая дифференциация механизма определяется свойствами циркулярного ресурса и организационной сложностью его повторного включения в хозяйственный оборот. Исследование В.П. Золотаревой, Е.А. Ивковой, С.Д. Савиной, А.К. Тятенко фиксирует различия отраслевых возможностей циркулярных бизнес-моделей, величины переходных издержек [3]. На материале Псковской области Д.Ю. Миронова, И.В. Тимахович, Е.Е. Помазкова, Ю.В. Жаркова рассматривают симбиотические связи между агропромышленным комплексом, деревообработкой, производством пластика, где ядро кооперации формирует совместимость материальных потоков [7]. В проектах топливно-энергетического комплекса, исследованных Д.Ю. Мироновой, И.В. Барановым, В.М. Шеиным, организационная схема включает университет, предприятие, муниципальное образование, индустриальных партнеров, цифровую инфраструктуру [6]. Эти результаты связывают выбор механизма с технологическими характеристиками потока, количеством взаимозависимых участников, потребностью в исследовательском сопровождении.

Для материальных потоков с установленной технологической совместимостью центральным объектом управления становится стабильность ресурсного обмена, включающая объем, характеристики вторичного сырья, параметры подготовки, логистику. Технологически сложные проекты требуют участия субъекта, обладающего исследовательскими компетенциями, поскольку ресурсная совместимость формируется через разработку решения и адаптацию производственного процесса [6]. Циркулярные бизнес-модели, ориентированные на жизненный цикл продукции, связывают кооперацию с изменением способа создания и сохранения стоимости [3]. Различия между этими конфигурациями определяют состав участников проекта, структуру затрат, требования к региональной поддержке [3; 6; 7].

Организационная форма циркулярной цепочки зависит от числа участников и характера совместно используемых ресурсов. В модели промышленной экосистемы производственную основу образует кластер, информационный обмен поддерживает цифровая платформа, движение ресурсов обслуживает коммуникационно-логистическая сеть, инновационные решения получают инфраструктурное сопровождение [8]. Зона промышленного симбиоза, описанная применительно к топливно-энергетическим проектам, вводит университет в позицию координатора, способного соединять технологические компетенции с интересами предприятий, территориальных субъектов [6]. Региональная модель экотехнопарков, рассмотренная Т.А. Головиной, И.Л. Авдеевой, связывает циркуляризацию с инфраструктурой обращения с отходами, государственной поддержкой, партнерством власти с бизнесом [2]. Материалы Псковской области показывают еще одну конфигурацию, где межотраслевое взаимодействие формируется вокруг ресурсной комплементарности предприятий [7]. Совокупность работ подтверждает функциональное разнообразие организационных форм при общей задаче закрепления устойчивого обмена ресурсами [2; 6; 7; 8].

Цифровая платформа выполняет координационную функцию после определения состава участников и параметров циркулярной связи. В платформенном механизме А.А. Гераськиной она включена в последовательность стратегического целеполагания, диагностики, программирования, реализации, мониторинга, корректировки взаимодействия предприятий [1]. В промышленной экосистеме Л.А. Мочаловой, О.С. Еремеевой, В.Н. Подкорытова платформа составляет один из элементов общей организационной архитектуры наряду с производственным ядром, логистической сетью, инновационной инфраструктурой [8]. Эмпирические результаты исследования драйверов циркулярной экономики усиливают требование к содержательной привязке цифровизации к реальным хозяйственным процессам, поскольку уровень цифрового развития сам по себе дает ограниченное основание для оценки циркулярной готовности территории [5]. Для регионального механизма цифровой контур вследствие этого связан с учетом потоков, поиском ресурсных соответствий, обменом параметрами ресурса, сопровождением проектов, накоплением данных о результатах кооперации [1; 5; 8].

Экономические инструменты поддержки определяются структурой издержек циркулярной цепочки. Исследование циркулярных бизнес-моделей выделяет переходные издержки как фактор, влияющий на практическое применение соответствующих решений [3]. Опыт развития циркулярной экономики в Арктической зоне связывает реализацию проектов с экотехнопарками, государственной поддержкой, взаимодействием органов власти с предпринимательскими структурами [2]. Адресность поддержки определяется источником затрат, препятствующим формированию конкретного циркулярного обмена [1; 2; 3].

Институциональное обеспечение закрепляет правила взаимодействия участников и условия включения вторичных ресурсов в хозяйственные связи. Анализ Р.Ю. Колобова связывает развитие промышленного симбиоза с формированием нормативно-правовой базы экономической деятельности [4]. В исследовании Т.А. Головиной, И.Л. Авдеевой нормативно-законодательные мероприятия рассматриваются вместе с инфраструктурой, государственной поддержкой, партнерством участников [2]. Для региональной системы эти положения определяют несколько функций институционального контура, охватывающих распределение ролей в циркулярной цепочке, процедуры подключения предприятий к инфраструктуре, порядок информационного обмена, сопровождение совместных проектов [2; 4].

Синтез рассмотренных подходов формирует последовательный механизм внедрения циркулярных моделей. Диагностический этап устанавливает текущий уровень циркуляризации и потенциал промышленного симбиоза [9; 10]. Отраслевая оценка связывает свойства ресурса с технологической совместимостью производств и подходящей циркулярной бизнес-моделью [3; 7]. Организационное проектирование определяет участников кооперации, координатора, инфраструктурную конфигурацию [2; 6; 8]. Следующий этап соотносит экономические, институциональные, цифровые инструменты с установленными барьерами циркулярной цепочки [1; 2; 4]. Мониторинг возвращает данные о реализации проекта в диагностический блок и создает основу для корректировки параметров взаимодействия [1].

Практическая реализация механизма начинается с картирования ресурсных потоков промышленного комплекса и идентификации технологически совместимых пар либо групп предприятий. Полученные комбинации классифицируются по отраслевой принадлежности, типу ресурса, организационной сложности, инфраструктурной потребности. Проекты с подтвержденной ресурсной связью получают организационную форму в виде кластерного взаимодействия, зоны промышленного симбиоза, экотехнопарка, устойчивой межфирменной сети в зависимости от состава участников и требуемой инфраструктуры [2; 6; 8]. Подбор поддержки завершает проектирование цепочки, связывая научно-образовательные организации с технологической адаптацией, цифровую платформу с координацией потоков, коллективную инфраструктуру с переработкой ресурсов, институциональное сопровождение с закреплением правил взаимодействия [1; 2; 4; 6].

Обсуждение

Результаты показывают, что предприятие и регион образуют разные уровни циркулярной трансформации. На уровне предприятия циркулярная бизнес-модель определяет способ использования ресурса и получения экономического эффекта, региональный уровень обеспечивает пространственное соединение взаимодополняющих производств, доступ к инфраструктуре, координацию участников. Эта связь объясняет ограниченную применимость мер, направленных исключительно на отдельную организацию, для проектов, экономический результат которых формируется совместным использованием ресурсов несколькими субъектами.

Сопоставление подходов к региональной диагностике выявляет различие между измерением фактического состояния и оценкой потенциала новых циркулярных связей. Статистические показатели характеризуют интенсивность использования ресурсов на территории, потенциал промышленного симбиоза относится к способности предприятий образовывать устойчивые комбинации обмена. Доступность и детализация подобной информации определяют точность отбора проектов, поэтому картирование промышленного комплекса становится связующим элементом между региональной оценкой и проектированием циркулярной цепочки.

Отраслевая специфика определяет глубину организационного вмешательства. Ресурсная совместимость ряда производств создает основу для прямого межфирменного обмена, технологически сложные проекты требуют разработки способа использования ресурса и привлечения исследовательских компетенций, модели жизненного цикла продукции меняют структуру

отношений внутри цепочки создания стоимости. Единый региональный подход сохраняет общую последовательность диагностики, отбора, организационного проектирования, поддержки, мониторинга, содержательное наполнение каждого этапа задается характеристиками соответствующего производства.

Исследованные модели различаются по субъекту координации циркулярного проекта. Кластерная и экосистемная организация распределяет координационные функции между элементами промышленной инфраструктуры, университетская модель концентрирует проектные и исследовательские компетенции в научно-образовательной организации, экотехнопарковый подход усиливает значение инфраструктурного оператора и государственного участия. Это расхождение отражает различия решаемых задач. Координатор определяется источником взаимозависимости участников, которым может выступать технологическая адаптация, совместная инфраструктура, информационный обмен, территориальное управление.

Цифровизация в рассмотренных исследованиях выступает средством организации взаимодействия, поэтому ее эффект зависит от сформированности экономической основы циркулярной цепочки. Платформа получает прикладное значение при наличии сведений о составе ресурсных потоков, характеристиках вторичного сырья, потенциальных потребителях, условиях логистики. Связь цифрового решения с конкретными процессами циркулярного обмена повышает его управленческую ценность и одновременно объясняет сложность оценки цифровизации через агрегированные региональные показатели.

Адресный характер экономической поддержки следует из распределения издержек между элементами циркулярной цепочки. Инфраструктурные затраты относятся к объектам коллективного использования, технологическая адаптация формируется на уровне конкретных производств, координационные издержки возникают в процессе согласования участников, информационные затраты связаны с поиском и сопровождением ресурсных соответствий. Единый финансовый инструмент охватывает ограниченную часть этой структуры, функциональное сочетание поддержки точнее соответствует экономике циркулярного проекта.

Рассмотренные источники подтверждают значение нормативного регулирования, распределения функций участников, процедур взаимодействия, государственного сопровождения. Конкретный состав институциональных инструментов зависит от характеристик ресурса, организационной формы проекта, количества участников, способа использования инфраструктуры. Последующая разработка механизма может быть направлена на классификацию соответствующих процедур для различных отраслевых моделей промышленного симбиоза.

Применимость предложенного механизма зависит от качества информации о ресурсных потоках, технологической совместимости производств, структуре затрат циркулярного проекта.

Заключение

Региональная готовность к внедрению циркулярных моделей определяется сочетанием фактически достигнутого уровня ресурсной циркуляции, потенциала промышленного симбиоза, инфраструктурной обеспеченности, организационной зрелости взаимодействия предприятий. Диагностика этих параметров формирует исходную основу для отбора циркулярных проектов и последующего картирования ресурсных связей.

Отраслевая структура задает конфигурацию циркулярной цепочки через свойства ресурса, технологическую совместимость производств, сложность адаптации, состав участников. Материальные межпроизводственные потоки ориентируют механизм на устойчивость обмена ресурсами, технологически сложные проекты увеличивают роль научно-образовательных организаций, модели жизненного цикла продукции требуют перестройки связей внутри цепочки создания стоимости.

Инструменты поддержки распределяются по источникам ограничений проекта. Инфраструктурные решения обеспечивают подготовку и перемещение ресурсов, экономические меры воздействуют на переходные издержки, институциональные инструменты закрепляют процедуры взаимодействия, цифровые средства организуют информационный обмен и мониторинг, координационные структуры связывают участников проекта. Организационно-экономический механизм приобретает последовательную форму через диагностику территории, отраслевую оценку, проектирование кооперации, подбор поддержки, мониторинг результатов.

Литература

1. Гераськина А. А. Организационно-экономический механизм управления взаимодействием предприятий промышленной интеграции на основе платформенного подхода // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2026. № 2. С. 128–137. DOI 10.47576/2949-1894.2026.2.2.016.
2. Головина Т. А., Авдеева И. Л. Развитие циркулярной экономики в сфере обращения с отходами на территории Арктической зоны // Среднерусский вестник общественных наук. 2024. Т. 19, № 1. С. 172–190. DOI 10.22394/2071-2367-2024-19-1-172-190.
3. Золотарева В. П., Ивкова Е. А., Савина С. Д., Тятенко А. К. Циркулярные бизнес-модели в конкурентных стратегиях: отечественный и зарубежный опыт // Современная конкуренция. 2023. Т. 17, № 4. С. 27–38. DOI 10.37791/2687-0657-2023-17-4-27-38.
4. Колобов Р. Ю. Влияние концепций промышленного симбиоза на формирование нормативно-правовой базы экономической деятельности: российский и зарубежный опыт // Russian Journal of Economics and Law. 2025. Т. 19, № 2. С. 257–272. DOI 10.21202/2782-2923.2025.2.257-272.
5. Косолапова Н. А., Матвеева Л. Г., Никитаева А. Ю., Чернова О. А. Драйверы формирования циркулярной экономики: теория vs практика // Terra Economicus. 2023. Т. 21, № 2. С. 68–83. DOI 10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83.
6. Миронова Д. Ю., Баранов И. В., Шеин В. М. Роль университета в управлении зонами промышленного симбиоза // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2022. № 4 (51). С. 129–137. DOI 10.17586/2310-1172-2022-15-4-129-137.
7. Миронова Д. Ю., Тимахович И. В., Помазкова Е. Е., Жаркова Ю. В. Концепция промышленного симбиоза: опыт применения в различных странах и перспективы реализации в России на примере Псковской области // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2022. № 2 (49). С. 129–141. DOI 10.17586/2310-1172-2022-16-2-129-141.
8. Мочалова Л. А., Еремеева О. С., Подкорытов В. Н. Идеи циркулярной экономики в реализации промышленных экосистем в России // Journal of New Economy. 2024. Т. 25, № 1. С. 32–37. DOI 10.29141/2658-5081-2024-25-1-5.
9. Никитаева А. Ю., Шестопалова О. С. Оценка уровня развития циркулярной экономики в регионах России // Региональная экономика. Юг России. 2022. Т. 10, № 3. С. 97–109. DOI 10.15688/re.volsu.2022.3.10.
10. Чернова О. А. Оценка регионального потенциала промышленного симбиоза // Journal of New Economy. 2024. Т. 25, № 3. С. 90–111. DOI 10.29141/2658-5081-2024-25-3-5.

Development of organizational-economic mechanisms for implementing circular models in a regional industrial complex: sectoral specifics and support instruments

Skryapkin S.A., Lyamin B.M.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article focuses on organizational-economic mechanisms for implementing circular models within a region's industrial complex, taking into account the sectoral structure of production, inter-enterprise resource linkages, and conditions for inter-organizational cooperation. The study's relevance stems from the fact that closing production cycles depends on the technological compatibility of resource flows, infrastructure availability, the institutional environment, and the stability of inter-firm interactions. The research aims to develop an organizational-economic mechanism that links regional conditions for circularization with the choice of cooperation forms and support instruments for circular projects. Methods employed include the analysis of academic literature, comparative analysis, classification, logical-analytical analysis, generalization, and synthesis. The study draws on Russian research from 2022–2026 concerning circular business models, industrial symbiosis, industrial ecosystems, digital coordination, regional diagnostics, and institutional frameworks. Its scientific novelty lies in the functional alignment of regional potential assessment, the sectoral differentiation of circular solutions, the organization of cooperation, and the targeted selection of support instruments. The findings are applicable to the design of regional programs for the circular transformation of industry.

Keywords: circular economy, regional industrial complex, industrial symbiosis, circular business models, industrial ecosystem, resource flows, digital platform, state support, inter-sectoral cooperation, circularization.

References

1. Geraskina A. A. Organizational and economic mechanism for managing the interaction of industrial integration enterprises based on a platform approach // Innovative Economy: Information, Analytics, Forecasts. 2026. No. 2. P. 128–137. DOI 10.47576/2949-1894.2026.2.2.016.
2. Golovina T. A., Avdeeva I. L. Development of the circular economy in the waste management sector within the Arctic Zone // Central Russian Bulletin of Social Sciences. 2024. Vol. 19, No. 1. P. 172–190. DOI 10.22394/2071-2367-2024-19-1-172-190.
3. Zolotareva V. P., Ivkova E. A., Savina S. D., Tyatenko A. K. Circular business models in competitive strategies: domestic and international experience // Modern Competition. 2023. Vol. 17, No. 4. P. 27–38. DOI 10.37791/2687-0657-2023-17-4-27-38.
4. Kolobov R. Yu. The influence of industrial symbiosis concepts on the formation of the regulatory framework for economic activity: Russian and international experience // Russian Journal of Economics and Law. 2025. Vol. 19, No. 2. P. 257–272. DOI 10.21202/2782-2923.2025.2.257-272.
5. Kosolapova N. A., Matveeva L. G., Nikitaeva A. Yu., Chernova O. A. Drivers of circular economy formation: theory vs. practice // Terra Economicus. 2023. Vol. 21, No. 2. P. 68–83. DOI 10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83.
6. Mironova D. Yu., Baranov I. V., Shein V. M. The role of the university in managing industrial symbiosis zones // Scientific Journal of ITMO University. Series "Economics and Environmental Management". 2022. No. 4 (51). P. 129–137. DOI 10.17586/2310-1172-2022-15-4-129-137.

Разработка основ стратегии технологического лидерства организации: сценарный подход и механизмы реализации

Шейнов Николай Александрович
аспирант, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1042250213@rudn.ru

В статье рассматриваются теоретико-методические основы формирования стратегии технологического лидерства организации в условиях экономической нестабильности и санкционного давления. Цель — разработка основ стратегии, включающей структурные компоненты, критерии выбора сценарных альтернатив и инструменты реализации. Методологическую базу составили системный, сравнительный, сценарный и проектный подходы, анализ научной литературы, обобщение практик высокотехнологичных компаний. Предложена структурная модель стратегии, включающая стратегический анализ, целеполагание, определение критериев выбора сценария, сценарный выбор, ресурсное обеспечение, реализацию и мониторинг. Обоснованы четыре сценарных ориентира, различающихся уровнем консолидации активов и степенью рыночной ориентации. Раскрыты инструменты реализации: проектное развитие, центры развития робототехники, финансовые методы государственной поддержки, развитие инновационной экосистемы и международной кооперации. Практическая значимость заключается в возможности использования результатов промышленными предприятиями при формировании корпоративных стратегий и органами власти при совершенствовании промышленной политики.

Ключевые слова: технологическое лидерство, стратегия, инновационное развитие, сценарный подход, критерии выбора, промышленные предприятия, высокотехнологичный сектор, НИОКР, технологический суверенитет, опережающее развитие.

Введение

Современные экономические условия диктуют необходимость динамичного перехода от экспорта ресурсов к созданию собственных высокотехнологичных продуктов и обеспечению технологического лидерства на мировых рынках. Технологическое лидерство определяется развитием цифровых технологий, биоинженерии, гибридных технологий, способных в короткие сроки создавать высококонкурентоспособную продукцию [6].

Вместе с тем далеко не все предприятия, обладающие значительными ресурсами, способны самостоятельно разработать и реализовать стратегию достижения технологического лидерства. В зависимости от исходного технологического состояния, компетенций и технического уровня производства стратегия может иметь разные сценарии развития [4]. Чтобы выбрать сценарий, необходимо определить, по каким критериям будут оцениваться возможности организации, её внешняя среда и внутренний потенциал. От обоснованности выбора критериев зависит корректность стратегических решений и достижимость поставленных целей.

Актуальность темы подтверждается Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, национальными проектами технологического лидерства и задачами обеспечения технологического суверенитета [10]. Особое значение имеет разработка стратегии технологического лидерства на уровне организации, поскольку предприятия — ключевые агенты инновационной трансформации [5].

Теоретико-методические основы стратегии технологического лидерства

Технологическое лидерство организации — способность создавать, осваивать и коммерциализировать передовые технологии, обеспечивающие устойчивое превосходство над конкурентами. Высокотехнологичный сектор характеризуется высокой долей инвестиций в НИОКР, инновационной активностью, ориентацией на модернизацию технологических процессов, преобладанием сотрудников с высшим образованием, активным использованием патентов и лицензий [4]. Высокотехнологичный бизнес предполагает глубокую интеграцию научных знаний в производственные процессы, управление интеллектуальными активами и участие в международной научно-технической кооперации.

Теоретический базис стратегии технологического лидерства образуют экономические законы.

Закон управления конкурентоспособностью [15] на основе создания и развития необходимых конкурентных преимуществ приводит к наращиванию спроса на товар и услуги, что обеспечивает стабильное экономическое развитие производителя путем создания благоприятных условий для производства товаров и услуг с принципиально новыми потребительскими свойствами, а также дополнительных рынков сбыта этих товаров и услуг и способствует уменьшению рисков возникновения кризисных и критических точек в экономике государств и регионов [15].

Закон опережающего развития организации [16] гласит: создаваемая и производимая продукция должна обладать потребительской полезностью. Эта полезность увеличивает потребности общества, что приводит к возникновению новых рынков и создаёт стабильное экономическое развитие производителя [16]. Радикальные инновации создаются в результате прорывного научно-технологического развития производителя и интенсивного наращивания его ключевых компетенций. Это обеспечивает ускорение циклов разработки и реализации уникальной продукции, которая стимулирует возникновение потребностей. В результате создаётся рынок, на котором производитель становится временным монополистом и переходит в состояние опережающего развития. Это происходит за счёт перманентного спиралевидного процесса: «потребности — компетенции — ресурсы — продукция — новые рынки — потребности».

Таким образом, стратегия технологического лидерства опирается на фундаментальные экономические законы управления конкурентоспособностью и опережающего развития. Также она опирается на методический аппарат новой экономики жизненного цикла продукции. При разработке основ стратегии технологического лидерства за основу принят подход, изложенный в научной работе [15], в которой раскрываются вопросы обеспечения национальной технологической безопасности

Стратегия технологического лидерства включает последовательные этапы. К ним относятся разработка технической идеи, проведение НИОКР, выпуск пробной партии и рыночное тестирование. Далее следуют запуск серийного производства, внедрение товара на рынок и мониторинг жизненного цикла. Для организаций без собственного производства стратегия приобретает специфику. Она связана с анализом тенденций рынка, определением стратегий выхода на рынок, ценовой и сбытовой политикой. Также она включает анализ условий достижения безубыточности и контроль за выполнением мероприятий.

Инновационная стратегия является частью общей бизнес-стратегии организации. Она должна иметь миссию, ценности, видение, цели, команду и систему оценки [2]. Значительная часть руководителей признаёт важность

инноваций. Однако лишь небольшая доля удовлетворена результатами инновационной деятельности, если инновации не интегрированы в стратегию. Это подтверждает необходимость системного подхода.

Ключевыми факторами успеха инновационной активности являются следующие. Это собственная инновационная стратегия с амбициозным целеполаганием, комплексный подход к инновациям и максимальное использование внутренних возможностей. Также это ресурсное обеспечение, эффективная система управления, корпоративная культура и мотивация [7]. Барьерами выступают высокая стоимость инноваций и недостаток средств. К ним также относятся слабая кооперация с партнёрами и дефицит кадров.

Разработка стратегии технологического лидерства должна опираться на комплексный методический подход [13]. Этот подход объединяет стратегический анализ, целеполагание и определение критериев выбора сценария. Также он включает сценарное планирование, ресурсное обеспечение, проектное управление и мониторинг [13]. В процессе стратегического управления инновациями целесообразно выделять этапы. Это стратегический анализ, анализ источников инновационных возможностей и стратегический выбор. Затем следуют реализация, координация и контроль. На этапе анализа оцениваются внешние факторы. К ним относятся наличие высокотехнологичных производств, частота обновления технологий и уровень конкуренции. Также оцениваются государственная поддержка и инвестиционная привлекательность отрасли. Оценивается стратегический потенциал функциональных подразделений. Это маркетинг, НИОКР, производство, финансовый и кадровый отделы [13].

На этапе стратегического выбора применяются матричные методы. К ним относятся матрица стратегического анализа, матрица БКГ и «МакКинси». Дополнительно целесообразно использовать компоненты стратегии управления промышленным комплексом [8]. Это анализ среды, определение целей, разработка альтернатив и функциональных стратегий. Также это определение ресурсного обеспечения, разработка структуры управления и системы мотивации [8].

Центральным элементом методического подхода является определение критериев выбора сценария. Чтобы выбрать сценарий развития организации, необходимо определить совокупность критериев. По этим критериям будут оцениваться альтернативы. Критерии должны отражать как внутренние возможности организации, так и состояние внешней среды. Предлагаемая система критериев и их содержание представлены в таблице 1

Таблица 1
Критерии выбора сценария стратегии технологического лидерства организации [1; 14]

№	Критерий	Содержание критерия	Значимость для выбора сценария
1.	Технологическое состояние организации	Текущий уровень технологий, степень соответствия мировым аналогам, наличие собственных разработок и патентов, возможность перехода к новому технологическому укладу	Определяет потенциал технологического прорыва
2.	Уровень компетенций	Наличие уникальных компетенций, квалификация персонала, способность к созданию радикально новой продукции, опыт участия в международных проектах	Характеризует способность к инновационной деятельности
3.	Технический уровень производства	Состояние основных фондов, степень износа, возможность модернизации, наличие гибких производственных систем	Определяет производственные возможности
4.	Ресурсное обеспечение	Достаточность финансовых, кадровых, материальных и информационных ресурсов, возможность привлечения инвестиций	Характеризует ресурсную базу стратегии
5.	Рыночная ситуация	Уровень конкуренции, динамика спроса, наличие платежеспособных потребителей, возможность выхода на новые рынки	Определяет рыночные перспективы
6.	Государственная поддержка	Наличие программ поддержки, субсидий, налоговых льгот, льготного кредитования, механизмов ГЧП	Характеризует внешние условия реализации
7.	Экономическая устойчивость	Финансовое состояние, рентабельность, ликвидность, уровень закредитованности, способность выдерживать шоки	Определяет устойчивость развития
8.	Готовность к опережающему развитию	Интегральный критерий, отражающий способность создавать радикально новую продукцию и формировать новые рынки	Обобщает готовность к технологическому лидерству

Источник: составлено автором.

Совокупность этих критериев позволяет перейти к выбору сценария. Сценарный подход основан на анализе базового состояния, идентификации ключевых драйверов, построении альтернативных сценариев и мониторинге.

Структурная модель стратегии и сценарные ориентиры

На основе обобщения теоретических положений и практик предлагается структурная модель стратегии технологического лидерства, включающая восемь блоков:

Стратегический анализ предполагает оценку внешней среды (рынки, конкуренты, государственная политика, санкционные ограничения) и внутренней среды (технологический уровень, компетенции, финансовые и кадровые ресурсы). Инструменты: SWOT-анализ, PEST-анализ, бенчмаркинг, технологический аудит [8].

Целеполагание формулирует амбициозные, измеримые цели: увеличение доли наукоёмкой продукции, рост экспорта, повышение плотности роботизации, достижение технологической независимости, развитие человеческого капитала [1; 5].

Определение критериев выбора сценария формирует систему критериев, представленную в таблице 1.

Сценарный выбор разрабатывает альтернативные сценарии в зависимости от технологического состояния, компетенций, ресурсных возможностей и внешних условий; сценарный подход позволяет учитывать неопределённость и формировать адаптивные стратегии [1].

Ресурсное обеспечение включает финансовые, кадровые, технологические и информационные ресурсы; особое значение имеют государственные финансовые инструменты: субсидии, налоговые льготы, льготное кредитование, поддержка НИОКР, защита интеллектуальной собственности [10].

Реализация стратегии предполагает проектное управление, создание проектных офисов, формирование инновационной экосистемы, развитие кооперации с научными организациями, вузами и стартапами [9].

Мониторинг и контроль включает анализ динамики показателей инновационной деятельности, оценку эффективности проектов, корректировку стратегии, перераспределение ресурсов, закрытие неперспективных направлений [13].

Развитие корпоративной культуры инноваций формирует систему мотивации, стимулирования творческого поиска, вовлечения сотрудников в инновационный процесс, обучения и повышения квалификации [2; 7].

Модель может быть адаптирована к отраслевой специфике и масштабу организации. В научной литературе выделяются стратегии лидерства, имитационная, наступательная, оборонительная, реактивная, блокирования, опережения, кооперации [2]. Выбор зависит от целей организации, ресурсного потенциала, положения на рынке и отраслевой динамики.

На основе выделенных критериев для организации целесообразно выделить четыре укрупнённых сценария, различающихся уровнем консолидации активов и степенью рыночной ориентации.

Сценарий 1. Инерционный. Сохраняется существующая структура активов, преобладает выполнение государственных заказов, коммерческие направления развиваются слабо. Внутренняя конкуренция распыляет ресурсы и не способствует созданию прорывных технологий. Деятельность чувствительна к бюджетному финансированию.

Сценарий 2. Умеренно-консолидированный. Частичная консолидация активов по вертикали, создание интегрированных структур. Приоритет — госзаказ. Коммерция не приоритетна, внутренняя конкуренция и дублирование сохраняются. Показатели — выполнение госзаказа и качество продукции.

Сценарий 3. Рыночно-ориентированный. Консолидация активов в продуктовые холдинги, ориентированные на глобальные рынки. Взаимодействие корпораций — от конкуренции к партнёрству. Создание центров компетенций, слияния и поглощения. Внутренняя конкуренция снижается, международная растёт. Показатели — капитализация, доля рынка, прибыль.

Сценарий 4. Умеренно-рыночный. Корпорации самостоятельны, но создают рыночно-ориентированные холдинги и центры компетенций. Партнёрство, снижение внутренней конкуренции. Покупка стартапов и малых инновационных компаний. Приоритет госзаказа сохраняется при развитии рыночных направлений.

Для выбора целевого сценария необходимо провести комплексную оценку альтернатив по всем выделенным критериям. В обобщённом виде результаты такой оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2
Комплексная оценка сценариев по критериям выбора [1; 14]

№	Критерий	Инерционный	Умеренно-консолидированный	Рыночно-ориентированный	Умеренно-рыночный
1.	Технологическое состояние	Сохраняется текущий уровень	Частичная модернизация	Высокий уровень, переход к новому укладу	Высокий уровень, выборочная модернизация
2.	Уровень компетенций	Не изменяется	Развитие отдельных компетенций	Формирование центров компетенций	Развитие компетенций в приоритетных направлениях
3.	Технический уровень производства	Износ фондов сохраняется	Частичное обновление	Масштабная модернизация	Выборочная модернизация

4.	Ресурсное обеспечение	Недостаточное	Ограниченное	Достаточное	Ограниченно достаточное
5.	Рыночная ситуация	Ориентация на госзаказ	Преимущественно госзаказ	Высокая глобальная ориентация	Высокая рыночная ориентация
6.	Государственная поддержка	Требуется постоянная	Требуется значительная	Требуется умеренная	Требуется умеренная
7.	Экономическая устойчивость	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя
8.	Готовность к опережающему развитию	Нет	Нет	Да	Да

Источник: составлено автором.

Анализ таблицы 2 показывает, что по совокупности критериев готовность к опережающему развитию обеспечивают рыночно-ориентированный и умеренно-рыночный сценарии. Остальные сценарии не обеспечивают требуемый уровень конкурентоспособности, ресурсного обеспечения и экономической устойчивости. Рыночно-ориентированный сценарий предполагает более эффективную структуру и систему управления, требует меньше ресурсов и обеспечивает большую конкурентоспособность за счёт консолидации активов.

С учётом национальных приоритетов наиболее предпочтительным является рыночно-ориентированный сценарий. Однако с учётом существующей отраслевой структуры наиболее вероятным и наименее рискованным является умеренно-рыночный сценарий. Он позволяет адаптироваться к динамичному рынку, диверсифицировать риски и обеспечить лидерство в отдельных сегментах.

Инструменты реализации стратегии

Реализация стратегии технологического лидерства предполагает использование совокупности взаимосвязанных инструментов. К числу основных из них относятся следующие:

Проектное развитие организации. Проектное развитие выступает основой обеспечения технологического лидерства. Оно включает формирование инновационной экосистемы, использование SWOT-анализа, управление портфелем проектов [9]. Проектный подход позволяет сконцентрировать ресурсы на приоритетных направлениях, обеспечить прозрачность сроков и ответственности.

Центры развития робототехники. Создание сети центров развития промышленной робототехники является инструментом достижения показателей Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в части повышения доли наукоёмкой продукции в ВВП, создания кадрового потенциала и повышения степени роботизации [3]. Центры решают задачи разработки и апробации опорных решений, создания инжиниринговой инфраструктуры, популяризации робототехники, предоставления экспертизы и формирования компетенций.

Финансовые методы и инструменты. В условиях санкций особую роль играют государственное финансовое регулирование, увеличение финансирования НИОКР, налоговые стимулы, развитие цифровой торговли, защита интеллектуальной собственности [10]. Организация может использовать субсидии, гранты, льготные кредиты, венчурное финансирование, механизмы государственно-частного партнёрства.

Развитие инновационной экосистемы. Важным условием является кооперация с научными организациями, вузами, бизнес-партнёрами и стартапами. Исследования показывают, что российские компании недостаточно активно используют внешние партнёрства [7]. Между тем открытые инновации, корпоративные акселераторы и программы работы со стартапами позволяют ускорить разработку и вывод продуктов на рынок [2].

Развитие человеческого капитала. Технологическое лидерство невозможно без высококвалифицированных кадров. Требуются программы подготовки и переподготовки инженерных кадров, развитие цифровых компетенций, обучение работе с робототехникой, искусственным интеллектом и большими данными [5].

Международная кооперация. Технологическое лидерство предполагает участие в международных научно-технических проектах, обмен кадрами, трансфер технологий. Несмотря на санкционные ограничения, сохраняются возможности сотрудничества со странами БРИКС, ЕАЭС и другими дружественными государствами [1; 3].

Обсуждение результатов

Проведённое исследование подтверждает, что стратегия технологического лидерства не может быть сведена к отдельным инновационным проектам или мерам государственной поддержки. Она требует системного подхода, объединяющего стратегический анализ, целеполагание, определение критериев выбора сценария, сценарное планирование, ресурсное обеспечение, проектное управление и мониторинг [13].

Сценарный подход позволяет оценить текущие возможности и определить результаты для роста и конкурентных преимуществ [1]. В условиях неопределённости сценарное планирование помогает своевременно корректировать стратегию, перераспределять ресурсы и снижать риски. Выбор сценария должен опираться на чёткие критерии. Они должны учитывать внутренние возможности организации и состояние внешней среды.

Также необходимо учитывать ограничения. К ним относятся высокая стоимость инноваций, недостаток средств и дефицит квалифицированных кадров. Сюда же входят слабая кооперация с партнёрами, несовершенство нормативной базы и санкционные ограничения [10]. Преодоление этих ограничений требует согласованных усилий государства, бизнеса, науки и образования [5].

Заключение

В статье разработаны основы стратегии технологического лидерства организации. Уточнена сущность технологического лидерства как способности создавать, осваивать и коммерциализировать передовые технологии, обеспечивающие устойчивое превосходство на рынках [4]. Предложена структурная модель стратегии, включающая стратегический анализ, целеполагание, определение критериев выбора сценария, сценарный выбор, ресурсное обеспечение, реализацию, мониторинг и развитие корпоративной культуры инноваций [13].

Определена система критериев выбора сценария, представленная в табличном виде: технологическое состояние, уровень компетенций, технический уровень производства, ресурсное обеспечение, рыночная ситуация, государственная поддержка, экономическая устойчивость и готовность к опережающему развитию. Обоснованы четыре сценарных ориентира, различающихся уровнем консолидации активов и степенью рыночной ориентации. Показано, что выбор сценария определяется совокупностью выделенных критериев, а готовность к опережающему развитию обеспечивают рыночно-ориентированный и умеренно-рыночный сценарии [14]. Раскрыты инструменты реализации стратегии: проектное развитие, центры развития робототехники, финансовые методы государственной поддержки, развитие инновационной экосистемы, человеческого капитала и международной кооперации [3; 9].

Практическая значимость результатов заключается в возможности их использования промышленными предприятиями при формировании корпоративных стратегий, а также органами власти при совершенствовании промышленной и научно-технологической политики [6]. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку отраслевых моделей стратегии технологического лидерства и формирование системы показателей мониторинга их реализации [1].

Литература

1. Айнакул, Н. А. Модель сценарного развития креативной экономики с учетом технологических изменений / Н. А. Айнакул, А. С. Жупарова, А. М. Калимолдаев, А. А. Чурсин // Вестник университета Туран. – 2026. – № 2(110). – С. 298–309.
2. Алексахин, А. Н. Инновационные стратегии современных технологических лидеров / А. Н. Алексахин, С. А. Алексахина, Л. С. Байтимерова // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 2(61). – С. 562–566.
3. Ахмедов, Р. Б. Центр развития робототехники как инструмент развития стратегии технологического лидерства / Р. Б. Ахмедов, А. В. Малолетов // Дискуссия. – 2025. – № 4(137). – С. 129–137.
4. Глебова, А. Г. Высокотехнологичный сектор мировой экономики: понятие и характеристики / А. Г. Глебова, И. А. Васильев // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № 2.
5. Докукина, А. А. Современные научно-технологические приоритеты в промышленности: новые задачи и перспективы инновационного развития предприятий / А. А. Докукина, А. И. Протасевич // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2025. – Т. 4, № 2(13). – С. 20–27.
6. Захаров, М. М. Инновационная стратегия развития предприятия. Стратегия технологического лидерства / М. М. Захаров // Современные парадигмы управления социально-экономическими системами : сборник научных трудов Межрегиональной научно-практической конференции, Ставрополь, 05 марта 2019 года. – Ставрополь: ООО «СЕКВОЙЯ», 2019. – С. 53–56.
7. Измайлова, М. А. Роль инноваций в стратегическом развитии российских промышленных корпораций / М. А. Измайлова, М. Я. Веселовский // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 2. – С. 15–22.
8. Кузнецов, В. П. Стратегия управления промышленным комплексом как один из факторов повышения эффективности его развития / В. П. Кузнецов, Н. В. Виноградов // Новые вызовы цифровизации в стратегическом развитии регионов : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Владимир, 09 апреля 2025 года. – Владимир: Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2025. – С. 304–308.
9. Мотовиц, Т. Г. Проектное развитие организации как основа обеспечения технологического лидерства / Т. Г. Мотовиц, Т. Н. Бондаренко // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 949–953.
10. Опарина, Д. Е. Финансовые методы и инструменты обеспечения технологического лидерства России в условиях санкций / Д. Е. Опарина, Е. А. Рубцова, М. Л. Дорофеев, Н. П. Дорофеева // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 452–456.
11. Романов, Е. В. Стратегия технологического лидерства как фактор успешности организации / Е. В. Романов, А. С. Горбачева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 22–26 апреля 2019 года. Том 2. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, 2019. – С. 208.

12. Терехин, Д. С. Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности / Д. С. Терехин // Человек. Социум. Общество. – 2022. – № 8. – С. 72–75.
13. Трифонова, Е. Ю. Стратегическое управление инновационной деятельностью / Е. Ю. Трифонова, Т. Е. Маслова. – Новосибирск: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2018. – 116 с.
14. Чурсин, А. А. Управление опережающим развитием высокотехнологичных отраслей промышленности и организаций : монография / А. А. Чурсин, Е. А. Нестеров. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 205 с.
15. Чурсин, А. А. Управление конкурентоспособностью в обеспечение национальной технологической безопасности / А. А. Чурсин. – Москва : Экономика, 2024. – 543 с.
16. Тюлин, А. Е. Опережающее развитие и устойчивость бизнеса в условиях кризисов и трансформации мировых экономик: монография / А. Е. Тюлин, А. А. Чурсин. – Таллин : EurAsian Scientific Editions Ltd, 2022. – 496 с.
17. Tyulin, A. The new economy of the product life cycle: Innovation and design in the digital era / A. Tyulin, A. Chursin // The New Economy of the Product Life Cycle: Innovation and Design in the Digital Era. – Cham : Springer, 2020. – P. 1–400.

Development of the foundations of the organization's technological leadership strategy: scenario approach and implementation mechanisms

Sheinov N.A.
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article discusses the theoretical and methodological foundations for the formation of a strategy for the technological leadership of an organization in the context of economic instability and sanctions pressure. The goal is to develop the foundations of the strategy, including structural components, criteria for choosing scenario alternatives and implementation tools. The methodological base consists of systemic, comparative, scenario and project approaches, analysis of scientific literature, generalization of practices of high-tech companies. A structural model of the strategy is proposed, including strategic analysis, goal-setting, determination of criteria for choosing a scenario, scenario selection, resource provision, implementation and monitoring. Four scenario benchmarks differing in the level of asset consolidation and the degree of market orientation are substantiated. Implementation tools are revealed: project development, robotics development centers, financial methods of state support, development of an innovation ecosystem and international cooperation. The practical significance lies in the possibility of using the results by industrial enterprises in the formation of corporate strategies and by the authorities in improving industrial policy.

Keywords: technological leadership, strategy, innovative development, scenario approach, selection criteria, industrial enterprises, high-tech sector, R&D, technological sovereignty, advanced development.

References

1. Ainakul N. A., Zhuparova A. S., Kalimoldaev A. M., Chursin A. A. Model of Scenario Development of the Creative Economy with Consideration of Technological Changes. – 2026. – № 2(110). – P. 298–309.
2. Aleksakhin A. N., Aleksakhina S. A., Baitimerova L. S. Innovatsionnye strategii sovremennykh tekhnologicheskikh liderov [Innovative strategies of modern technological leaders]. – 2024. – № 2(61). – S. 562–566.
3. Akhmedov R. B., Maloletov A. V. Discussion Center. – 2025. – № 4(137). – S. 129–137.
4. Glebova A. G., Vasilyev I. A. High-tech sector of the world economy: concept and characteristics / A. G. Glebova, I. A. Vasilyev // Vestnik evraziyskoy nauki. – 2025. – T. 17, No 2.
5. Dokukina A. A., Protasevich A. I. Sovremennyye nauchno-tekhnologicheskie prioritety v promyshlennosti: novye zadachi i perspektivy innovatsionnogo razvitiya predpriyatiy [Modern scientific and technological priorities in industry: new tasks and prospects for innovative development of enterprises] / A. A. Dokukina, A. I. Protasevich // Industry: economics, management, technology. – 2025. – T. 4, No 2 (13). – P. 20–27.
6. Zakharov, M. M. Innovatsionnaya strategiya razvitiya predpriyatiya [Innovative strategy for the development of the enterprise]. Strategy of technological leadership / M. M. Zakharov // Modern paradigms of management of socio-economic systems: collection of scientific works of the Interregional Scientific and Practical Conference, Stavropol, March 05, 2019. – Stavropol: SEQUOIA LLC, 2019. – P. 53–56.
7. Izmailova M. A., Veselovsky M. Y. Rol' innovatsii v strategicheskom razvitii rossiyskikh promyshlennykh korporatsii [The role of innovations in the strategic development of Russian industrial corporations]. Series: Economics. – 2023. – № 2. – P. 15–22.
8. Kuznetsov V. P., Vinogradov N. V. Strategiya upravleniya promyshlennym kompleksom kak odin iz faktorov povysheniya effektivnosti ego razvitiya [Strategy of industrial complex management as one of the factors of increasing the efficiency of its development] / V. P. Kuznetsov, N. V. Vinogradov // New challenges of digitalization in the strategic development of regions: materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Vladimir, April 09, 2025. – Vladimir: Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletovykh, 2025. – P. 304–308.
9. Motovits, T. G., Bondarenko T. N. Proektnoye razvitie organizatsii kak osnova obespecheniya tekhnologicheskogo liderstva [Project development of the organization as the basis for ensuring technological leadership] / T. G. Motovits, T. N. Bondarenko // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2025. – № 3(176). – S. 949–953.
10. Oparina D. E., Rubtsova E. A., Dorofeev M. L., Dorofeeva N. P. Financial Methods and Tools for Ensuring Russia's Technological Leadership in the Context of Sanctions / D. E. Oparina, E. A. Rubtsova, M. L. Dorofeev, N. P. Dorofeeva // Innovations and Investments. – 2025. – № 4. – S. 452–456.
11. Romanov E. V., Gorbacheva A. S. Actual problems of modern science, technology and education: theses of reports of the 77th International Scientific and Technical Conference, Magnitogorsk, April 22–26, 2019. Volume 2. – Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2019. – P. 208.
12. Terekhin D. S. Prioritetnye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti [Priority directions of innovative activity in industry]. Society. Society. – 2022. – № 8. – P. 72–75.
13. Trifonova E. Yu., Maslova T. E. Strategic Management of Innovative Activities. – Novosibirsk: Center for the Development of Scientific Cooperation, 2018. – 116 p.
14. Chursin A. A., Nesterov E. A. Management of Advanced Development of High-Tech Industries and Organizations: Monograph. Moscow: INFRA-M, 2023. 205 p.
15. Chursin A. A. Upravlenie konkurentosobnosti v obespecheniye natsional'noy tekhnologicheskogo bezopasnosti [Management of competitiveness in ensuring national technological security]. Moscow: Ekonomika, 2024. 543 p.
16. Tyulin A. E., Chursin A. A. Advanced Development and Stability of Business in the Context of Crises and Transformations of World Economies: Monograph. Tallinn: EurAsian Scientific Editions Ltd, 2022. 496 p.
17. Tyulin, A. The new economy of the product life cycle: Innovation and design in the digital era / A. Tyulin, A. Chursin // The New Economy of the Product Life Cycle: Innovation and Design in the Digital Era. – Cham : Springer, 2020. – P. 1–400.

Экономическая оценка инновационного потенциала технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых углеводородов в нефтегазовом комплексе России

Пашинин Олег Александрович
аспирант, кафедра национальной экономики, экономический факультет, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1042250501@rudn.ru

Технологии геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых углеводородных запасов представляют собой сложный комплекс методов, инструментов и подходов, направленных на решение одной из ключевых задач российской нефтегазовой промышленности по повышению устойчивости добычи в долгосрочном периоде с учетом истощения «легких» запасов.
Цель исследования состоит в разработке методического подхода к экономической оценке инновационного потенциала технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых углеводородов, позволяющего установить взаимосвязь между уровнем технологической готовности, снижением геологической неопределенности, приростом риск-скорректированной стоимости проектов и возможностью промышленного тиражирования технологических решений в российском нефтегазовом комплексе. Информационно-аналитическую базу исследования составили российские и зарубежные статистические материалы о трудноизвлекаемых запасах, открытые данные государственных органов и нефтегазовых компаний о применяемых технологиях, а также экспертные оценки представителей отрасли.
Расчеты в научном исследовании показывают рост интегрального индекса инновационного потенциала нефтегазового комплекса России с 0,140 в 2022 году до 0,720 в 2025 году. Полученное автором значение соответствует переходу от разрозненных пилотных проектов к ограниченному промышленному масштабированию. При этом геолого-информационный блок сохраняет положение основного ограничителя и находится на стадии активного развития. В научной работе сформирован ключевой вывод о том, что экономическая ценность инноваций в освоении трудноизвлекаемых углеводородов возникает при совместном выполнении трех условий: доказанном снижении неопределенности, положительном приросте ожидаемой стоимости и переносимости результата на группу сопоставимых объектов.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые углеводороды, инновационный потенциал, геологическое изучение, риск-скорректированная стоимость, технологическое тиражирование, нефтегазовый комплекс.

Введение

Современная структура российской минерально-сырьевой базы выводит освоение трудноизвлекаемых запасов в перечень ключевых проблем нефтегазового комплекса (НГК) России. На ряду с этим, значимым фактором становится и изучение возможностей по поиску новых перспективных запасов, которые регулярно пополняют сырьевую базу РФ как на суше, так и в офшорной зоне, расширяя возможности дальнейшей добычи.

Совокупные объемы трудноизвлекаемых разведанных запасов НГК России согласно данным геологического изучения разнятся: по состоянию на 2025 год Роснедра оценивали потенциально извлекаемые запасы нефти в 17,4 млрд.т., или 55% их общего объема. [8] В материалах Минэнерго России общий объем нефтяных запасов категорий А+В1+В2+С1+С2 оценен в 31,5 млрд.т., из которых 18,6 млрд т, или 59%, приходились на ТРИЗ [6]. Международное энергетическое агентство IEA на начало 2026 года оценивало потенциальные ТРИЗ НГК России в более чем 20 млрд.т. сырья, выводя Россию на лидирующее 1-е место по запасам природного газа с учетом Арктического шельфа. [13]

Контуры учета и методики подсчета срезов различаются, но каждый из приведенных источников фиксируют одну экономически значимую пропорцию: большая часть ресурсной базы требует технологической базы по работе с ТРИЗ. А подтверждаемые новые разведанные запасы углеводородов открытые с 2010 года более чем на 80% состоят из труднодоступного сырья. [9]

Основная часть

Многие годы рост ТРИЗ оставался решаемым фактором за счет межстрановой кооперации, прямых иностранных инвестиций и доступностью лучших технологий и практик международного рынка, но после масштабного введения санкций 1-ой волны 2014-2020 гг. и последующими санкционными пакетами с 2022 года, российские нефтегазовые компании вынуждены были переориентироваться на российские технологии и предложения «дружественных» стран. В этом ключе добыча разведанных запасов представляется не как следующий планомерный этап развития нефтегазового комплекса России, а как технологический вызов. С 2014 года ведутся работы по снижению зависимости российского ТЭК от импортного оборудования, технологий, материалов. [11] Рост доли ТРИЗ можно задержать увеличением доли разработок действующих месторождений, но это лишь создает отложенный эффект, а с увеличением проведения геологразведочных работ в регионах Западной Сибири и российской Арктики, становится очевидно, что в пределах 20-30 лет основные очаги добычи перейдут в районы с исключительно труднодоступными запасами. [10]

Основным индикатором, сигнализирующим о повышении доли разработок в сфере ТРИЗ является уровень инновационной активности. В период с 2022 г. по 2024 г. он составлял порядка 7% от общих нефтегазовых расходов, при этом затраты увеличились на 109 млрд. руб. и составили 289 млрд. руб. в текущих ценах. В 2022 году на процессные инновации приходилось 88% затрат (159 млрд. руб.).

Финансирование геологоразведочных работ на углеводороды недропользователями увеличилось с 315 млрд.руб. в 2022 года до 344,1 млрд.руб. в 2024 году, тогда как прирост запасов нефти и конденсата снизился с 818 до 516 млн.т. [4] Можно отметить, что прямое отношение показателей не равно эффективности из-за временных лагов, но демонстрирует нерелевантность оценки инноваций только лишь по объему вложений.

Международная методология связывает инновацию с введением нового или существенно улучшенного процесса в использовании, т.е. для upstream-сектора граница между разработкой и применением более значима: сервисные компании играют ведущую роль в происхождении внедренных решений, однако их межотраслевое распространение технологий остается медленным. [5] Анализ российских игроков нефтегазового рынка раскрывает влияние стадии освоения, региональной инфраструктуры, отраслевых вызовов и кооперации, но единая конструкция, при этом, соединяющая геологический риск с масштабируемостью, находится в 2026 году еще на стадии формирования. [9]

В этом ключе инновационный потенциал понимается как способность технологий, геологических данных, инженерных компетенций и сервиса снижать неопределенность недр, переводя условно рентабельные ресурсы в эффективно извлекаемые запасы и воспроизводить результат с приемлемыми удельными затратами, т.е. коммерческую ценность формирует не сам «пилот» проекта, а переход к повторному применению в масштабах страны.

Для проведения качественного анализа, данные разделены на три статуса. Маркер «О» - опубликованное наблюдение, «П» - прямой производный расчет, а «Р» а авторскую оценку по раскрытым предпосылкам.

Также для анализа отобраны 5 блоков, которые отражают геолого-информационную обеспеченность G, технологический результат T, экономическое обучение E, отечественную воспроизводимость S и диффузию D.

$$z_{it}^{+} = \min\left\{1, \max\left[0, \frac{x_{it} - a_i}{b_i - a_i}\right]\right\},$$
$$z_{it}^{-} = \min\left\{1, \max\left[0, \frac{a_i - x_{it}}{a_i - b_i}\right]\right\}. \quad (1)$$

В формуле (1) x_{it} обозначает наблюдаемое или расчетное значение, a_i - критическую границу, b_i - целевой ориентир. Первое выражение применяется к стимуляторам эффекта, а второе - к стоимости и времени работ.

$$B_{kt} = \frac{\sum_{i \in k} w_i z_{it}}{\sum_{i \in k} w_i}. \quad (2)$$

$$\text{IIP}_t = B_{G,t}^{0,20} B_{T,t}^{0,25} B_{E,t}^{0,20} B_{S,t}^{0,20} B_{D,t}^{0,15}. \quad (3)$$

Внутри блоков используется средневзвешенное значение, а итоговый индекс рассчитывается как геометрическая средняя. Вес технологического блока равен 0,25, поскольку без подтвержденного ресурсного эффекта инновационный потенциал остается декларативным. Геологическая информация, экономическое обучение и воспроизводимость получают по 0,20. Диффузии присвоен стандартный для НГК вес 0,15. Значение ниже 0,25 соответствует фрагментарному потенциалу. Интервал 0,25–0,50 характеризует формирование системы, диапазон 0,50–0,75 отражает готовность к ограниченному масштабированию, уровень выше 0,75 указывает на системную воспроизводимость.

Экономическая отдача возникает на стыке стадий: сейсмика меняет вероятность попадания в продуктивный интервал, а технология многостадийного гидроразрыва пласта зависит от геомеханической модели, а адаптивное управление при этом использует накопленные данные после запуска проекта. [12]

На стадии геологического изучения важна пригодность массива для совместной интерпретации. В 2025 году в электронном виде находилось около 12% фонда геологической информации. [8] Общесырьевой показатель используется как системный прокси и наиболее точно отражает инфраструктурное ограничение, чем несопоставимые корпоративные доли цифровизации. На разведочной стадии эффект проявляется через вероятность успеха, невозвратные затраты и стоимость времени до решения о тиражировании. (Таблица 2.)

Таблица 1
Исходные показатели и параметры нормирования в НГК России

Код	Показатель	2022	2023	2024	2025	a / b	Вес	Статус
G1	Доля фонда геологической информации в электронном виде, %	7,0	8,5	10,0	12,0	5 / 30	0,08	О 2025, Р
G2	Снижение диапазона геологической неопределенности, %	16	22	29	36	10 / 50	0,12	Р
T1	Доля пилотов на уровнях готовности TRL (шкала уровней технологической готовности) 7–9, %	30	42	57	72	20 / 90	0,11	Р
T2	Прирост коэффициента извлечения нефти, п.п.	6,5	9,0	13,5	21,0	4 / 25	0,14	О 2025, Р
E1	Индекс удельной стоимости к началу проекта	0,82	0,66	0,48	0,33	1,00 / 0,30	0,12	П 2025, Р
E2	Период от пилота до решения о тиражировании, мес.	43	37	31	26	48 / 18	0,08	Р
S1	Доля критических операций на российских решениях, %	46	58	71	83	35 / 95	0,12	Р
S2	Доля модулей со стандартным регламентом, %	24	36	52	69	15 / 85	0,08	Р
D1	Число пакетов с полевым подтверждением, ед.	2	4	7	10	1 / 15	0,07	П 2025, Р
D2	Доля решений, повторно примененных за 24 мес., %	22	34	52	68	15 / 85	0,08	Р

Примечание: a — критическая граница, b — целевой ориентир. О — опубликованное наблюдение, П — производный показатель, Р — расчетная оценка автора. Для E1 и E2 улучшение связано со снижением значения.
Источник: составлено автором по данным [8, 9, 13].

Ряды построены с годовым шагом 2022-2025 гг.. Для G1, T2, E1 и D1 конечные значения связаны с публикациями или прямым расчетом. Остальные восстановлены по монотонной траектории пилотных стадий с ускорением в 2024–2025 гг., когда испытания начали формировать повторяемые регламенты.

Таблица 2
Частные и интегральный индексы инновационного потенциала НГК России

Год	G	T	E	S	D	IIP
2022	0,122	0,130	0,221	0,161	0,087	0,140
2023	0,236	0,272	0,438	0,350	0,245	0,301
2024	0,365	0,486	0,672	0,571	0,482	0,505
2025	0,502	0,780	0,868	0,789	0,704	0,720

Источник: составлено по данным [6, 8].

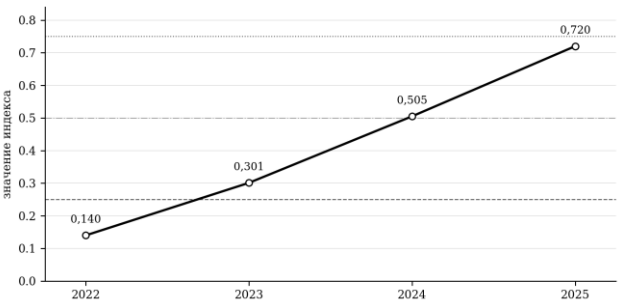


Рисунок 1. Динамика интегрального индекса инновационного потенциала 2022-2025 гг. в российском НГК
Источник: составлено автором по данным таблицы 2.

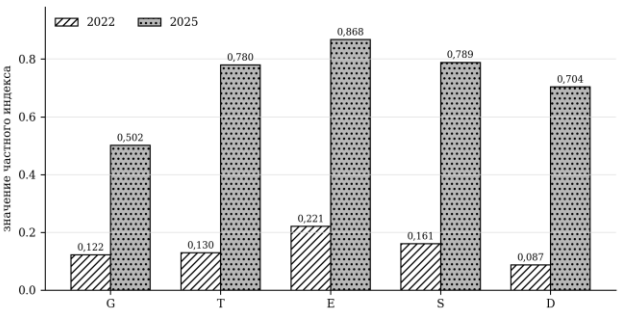


Рисунок 2. Изменение структуры инновационного потенциала НГК России с 2022 – 2025 гг.

Индекс увеличился с 0,140 в 2022 году до 0,720 в 2025 году. Пересечение границы 0,50 означает переход от разрозненных пилотов к ограниченному масштабированию, но уровень системной воспроизводимости в России 0,75 пока не достигнут. В 2025 году экономический блок E составил 0,868, технологический T - 0,780, отечественная воспроизводимость S - 0,789., т.е. значения отражают фронтир компетенций, а не одинаковую эффективность на каждом участке недр.

*G - геолого-информационный блок, T - технологический, E - экономический, S - отечественная воспроизводимость, D - диффузия.

Источник: составлено автором по данным [3, 9]

Геолого-информационный блок G остается минимальным и достигает 0,502. Пока технологический фонд не приведен к единому цифровому контуру, число объектов для быстрого переноса решений растет медленнее технической готовности. Диффузия D с результатом 0,704 занимает второе место среди ограничителей.

Локальная компетенция не превращается автоматически в отраслевой эффект без доступа к данным, общего протокола подтверждения и сервисной цепочки [1]. Масштабирование поэтому рассматривается как самостоятельный экономический актив. Инвестиционное решение, фактически, требует денежной интерпретации индекса. Для условного участка рассчитана риск-скорректированная чистая приведенная стоимость. Геологический и технологический успех разделены, поскольку подтверждение залежи не гарантирует промышленной производительности.

$$p_s = p_g p_t, \qquad \mathrm{rNPV} = p_s \mathrm{NPV}^+ - (1 - p_s) C_f. \qquad (4)$$

В формуле (4) p^g обозначает вероятность геологического успеха, p^t — вероятность технологического успеха при подтвержденной геологии, NPV^+ — стоимость проекта при положительном результате, C^f — невозвратные расходы при неудаче. Все денежные величины приведены в ценах 2025 года и служат для сравнительного анализа усредненных месторождений, а не для оценки конкретных групп скважин.

Таблица 3

Риск-скорректированная оценка условного проекта в НГК России

Вариант	p^g	p^t	p_s	NPV^+, млрд руб.	C^f, млрд руб.	rNPV, млрд руб.	Прирост к базовому значению
Базовый технологический контур	0,42	0,68	0,286	34,0	6,0	5,42	—
Выборочное внедрение	0,50	0,76	0,380	42,0	7,5	11,31	+5,89
Комплексный показатель с учетом технологического суверенитета	0,58	0,84	0,487	56,0	9,0	22,67	+17,24

Источник: составлено автором по данным [7, 9]

Выборочное внедрение почти удваивает rNPV, а комплексный пакет увеличивает показатель более чем в четыре раза. Снижается вероятность невозвратной потери, одновременно растет стоимость успешного исхода. Геологическая интерпретация создает стоимость без прямого прироста дебита, если сокращает вероятность дорогой ошибки.

Для оценки масштаба до 2030 года построены три условные траектории. Потенциал вовлечения до 9 млрд.т. используется как адресуемый технологический контур, а не как прогноз [6]. Чистая маржа относится к дополнительной добыче, а снижение затрат — к ранее сформированной базе, поэтому двойной учет исключен.

Коэффициент 2,000 равен дисконтированной при ставке 12% сумме темпов освоения 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 и 1,0. Чистая маржа M установлена на уровне 12 тыс. руб. на дополнительную тонну, а инвестиции I_s условно относятся к началу периода, что делает расчет осторожнее. Все значения выражены в постоянных ценах 2025 года. Налоговые поступления и вторичные региональные эффекты в NPV не включены.

Положительный NPV формируется во всех траекториях. Один рубль на современном этапе в НГК вложений создает от 3,30 до 5,28 руб. приведенного валового эффекта за счет обучения и повторного использования геологической модели, программного обеспечения и регламентов. Адресуемый контур 9 млрд.т. при этом не равен запасам промышленных категорий: между ресурсом и коммерческим результатом сохраняются геологический, технологический и ценовой фильтры.

Налог на дополнительный доход учитывает разницу между расчетной выручкой и фактическими расходами по участку. К квалифицируемой деятельности отнесена разработка технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых [2]. Режим согласуется с долгим циклом, но не заменяет качество технологического отбора.

Поддержка получает точный объект при прохождении трех ворот: сокращении геологической неопределенности, приросте rNPV и подтверждении повторного отечественного применения. Последовательность отвечает стратегическому курсу на развитие российских технологий. Сервисная экосистема также важна, поскольку свыше 63% внедренных upstream-инноваций в НГК в международной выборке исходили от сервисных компаний. [13]

Заключение

В итоге, можно отметить, что инновационный потенциал технологий разведки и добычи ТРИЗ не сводится лишь к сумме затрат на НИОКР и капитальных вложений в новые проекты добычи России. Его экономическое содержание формируют сокращение неопределенности, прирост ожидаемой стоимости и переносимость результата.

Анализируя интегральные показатели, можно отметить, что инновационный индекс вырос с 0,140 в 2022 году до 0,720 в 2025 году соответственно. Геолого-информационный блок с результатом 0,502 остается на текущий момент главным ограничителем.

Тем не менее комплексный подход увеличивает суммарную риск-скорректированную чистую приведенную стоимость усредненного нового проекта с 5,42 до 22,67 млрд.руб. Прирост 17,24 млрд руб., а сценарный NPV до 2030 года может привнести дополнительную доходность в диапазоне находится в диапазоне 0,9–1,5 млрд.руб. В условиях ограниченной доходности, именно данный подход применим при корпоративном отборе технологий и экспертизе программ поддержки с самого первого уровня проведения геологоразведочных работ до последующей интенсификации добычи вплоть до реализации полного потенциала каждой скважины даже с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов. Ориентир на снижение себестоимости новых и действующих месторождений может служить маркером экономической стабильности нефтегазового комплекса России в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Власова В.В., Гохберг Л.М., Грачева Г.А. и др. Индикаторы инновационной деятельности: 2024: статистический сборник. — М.: НИУ ВШЭ, 2024. — 260 с. — URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/907284710.pdf.
2. Газпром нефть создала технологии рентабельной разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов. — 05.06.2025. — URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-sozdala-tekhnologii-rentabelnoy-razrabotki-trudnoizvlekaemykh-zapasov-uglevodorodov/.
3. Казанов О.В. Основные результаты работы Федерального агентства по недропользованию в 2024 году и задачи на 2025 год: доклад. — М.: Роснедра, 2025. — URL: https://rosnedra.gov.ru/upload/iblock/fec/i3pk7e09qzlk570ooeyir2x4azurrzjy.pdf.
4. Крюков В.А., Токарев А.Н. Формирование условий для освоения трудноизвлекаемых запасов нефти: необходимость учета региональных аспектов // Экономика региона. — 2022. — Т. 18, № 3. — С. 755–769.
5. Минэнерго России. Технологии освоения трудноизвлекаемых углеводородов. — 2025. — URL: https://minenergo.gov.ru/activity/project-activities/projects/technologies-for-development-of-hard-to-recover-hydrocarbons.
6. Роль ТРИЗ в энергетической стратегии России. — 2026 — URL: https://minenergo.gov.ru/upload2/iblock/79e/1.-Doklad-Dari-Kozlovoy.pdf.
7. Разманова С.В., Андрухова О.В. Нефтесервисные компании в рамках цифровизации экономики: оценка перспектив инновационного развития // Записки Горного института. — 2020. — Т. 244. — С. 482–492.
8. Роснедра. Итоги работы Федерального агентства по недропользованию в 2025 году и планы на 2026 год. — М., 2026. — URL: https://rosnedra.gov.ru/upload/iblock/d56/0wctt8s4ip67mty57rwm25yogupaoe3b.pdf.
9. Росстат. Промышленное производство в России. 2025. Раздел 9 «Наука и инновации в промышленности»: электронные таблицы. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/.
10. Черняев М.В. Сценарии развития нефтегазового комплекса России к 2050 году / Горизонты экономики. 2025. № 1 (88). С. 59-68.
11. Черняев М.В., Кореневская А.В. Инструменты поддержки нефтегазового комплекса России в условиях санкционных ограничений Запада // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2018. Т. 26. № 4. С. 620-629.
12. Шпуров И.В., Смирнов А.Ю., Лопатин А.Ю. Цели и особенности классифицирования трудноизвлекаемых запасов углеводородов Российской Федерации // Геология нефти и газа. — 2025. — № 3. — С. 70–76.
13. BP. Energy Outlook 2025 — URL: https://www.bp.com/press-and-publications/energy-outlook

Economic assessment of the innovation potential of technologies for geological study, exploration and production of hard-to-recover hydrocarbons in the Russian oil and gas sector

Pashinin O.A.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Technologies for the geological study, exploration and production of hard-to-recover hydrocarbon reserves represent a complex set of methods, tools and approaches aimed at solving one of the key tasks of the Russian oil and gas industry to increase the sustainability of production in the long term, taking into account the depletion of "light" reserves.

The purpose of the study is to develop a methodological approach to the economic assessment of the innovative potential of technologies for geological exploration, exploration and production of hard-to-recover hydrocarbons, which makes it possible to establish a

relationship between the level of technological readiness, reduction of geological uncertainty, increase in the risk-adjusted cost of projects and the possibility of industrial replication of technological solutions in the Russian oil and gas complex. The information and analytical base of the study was made up of Russian and foreign statistical materials on hard-to-recover reserves, open data from government agencies and oil and gas companies on the technologies used, as well as expert assessments from industry representatives.

The calculations in the scientific study show an increase in the integral index of the innovative potential of the Russian oil and gas complex from 0.140 in 2022 to 0.720 in 2025. The value obtained by the author corresponds to the transition from scattered pilot projects to limited industrial scaling. At the same time, the geological information block retains the position of the main limiter and is at the stage of active development.

The scientific work has formed a key conclusion that the economic value of innovations in the development of hard-to-recover hydrocarbons arises when three conditions are met together: a proven reduction in uncertainty, a positive increase in expected value, and the portability of the result to a group of comparable facilities.

Keywords: hard-to-recover hydrocarbons, innovative potential, geological study, risk-adjusted cost, technological replication, oil and gas complex.

References

1. Vlasova V.V., Gokhberg L.M., Gracheva G.A., et al. Innovation Activity Indicators: 2024: Statistical Digest. Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2024. 260 p. Available at: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/907284710.pdf.
2. Gazprom Neft Creates Technologies for the Cost-Effective Development of Hard-to-Recover Hydrocarbon Reserves. June 5, 2025. Available at: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-sozdala-tekhnologii-rentabelnoy-razrabotki-trudnoizvlekaemykh-zapasov-uglevodorodov/.
3. Kazanov O.V. Main Results of the Federal Subsoil Use Agency's Work in 2024 and Objectives for 2025: Report. Moscow: Rosnedra, 2025. URL: https://rosnedra.gov.ru/upload/iblock/fec/i3pk7e09qzlk570ooeyir2x4azurrzjy.pdf.
4. Kryukov V.A., Tokarev A.N. Formation of Conditions for the Development of Hard-to-Recover Oil Reserves: the Need to Consider Regional Aspects // Regional Economy. 2022. Vol. 18, No. 3, pp. 755–769.
5. Ministry of Energy of Russia. Technologies for the Development of Hard-to-Recover Hydrocarbons. — 2025. — URL: https://minenergo.gov.ru/activity/project-activities/projects/technologies-for-development-of-hard-to-recover-hydrocarbons.
6. The Role of TRIZ in Russia's Energy Strategy. — 2026 — URL: https://minenergo.gov.ru/upload2/iblock/79e/1.-Doklad-Dari-Kozlovoy.pdf.
7. Razmanova S.V., Andrukhova O.V. Oilfield Service Companies in the Framework of Economy Digitalization: Assessing the Prospects for Innovative Development // Zapiski Gornogo Instituta. — 2020. — Vol. 244. — Pp. 482–492.
8. Rosnedra. Results of the Federal Agency for Subsoil Use in 2025 and Plans for 2026. — Moscow, 2026. — URL: https://rosnedra.gov.ru/upload/iblock/d56/0wctt8s4ip67mty57rwm25yogupaoe3b.pdf.
9. Rosstat. Industrial Production in Russia. 2025. Section 9. "Science and Innovation in Industry": spreadsheets. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/.
10. Chernyaev, M.V. Scenarios for the Development of the Russian Oil and Gas Complex by 2050 / Horizons of the Economy. 2025. No. 1 (88). Pp. 59-68.
11. Chernyaev, M.V., Korenevskaya, A.V. Instruments for Supporting the Russian Oil and Gas Complex in the Context of Western Sanctions //
Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economics. 2018. Vol. 26. No. 4. Pp. 620-629.
12. Shpurov I.V., Smirnov A.Yu., Lopatin A.Yu. Objectives and Features of Classifying Hard-to-Recover Hydrocarbon Reserves in the Russian Federation // Oil and Gas Geology. - 2025. - No. 3. - Pp. 70-76.
13. BP. Energy Outlook 2025 - URL: https://www.bp.com/press-and-publications/energy-outlook

Влияние ESG-критериев на выбор инновационных стратегий развития региональных систем водоотведения

Сулимов Николай Юрьевич
аспирант, Уфимский университет науки и технологий, kolyasikk@bk.ru

Статья посвящена влиянию ESG-критериев на формирование инновационной стратегии устойчивого развития отрасли водоснабжения и водоотведения за счет повышения экологической эффективности реализованных коммунальных проектов и повышении качества предоставления услуг водоснабжения и канализация, что является основным социальным вкладом за счет повышения уровня качества жизни населения.
На основании аналитических данных выявлено, что экологическая составляющая соответствия ESG принципам основывается на внедрении инновационных и цифровых технологий в составе реализуемых коммунальных проектов, социальная составляющая соответствия ESG принципам повышает качество предоставления услуг водоснабжения и канализования, а управленческая составляющая соответствия ESG принципам меняет инструменты принятия стратегических решений и целеполагания, что в свою очередь смягчает бюрократические барьеры между участниками реализации коммунальных проектов.
В результате выявленных мер обозначены основные барьеры, возникаемые в процессе соответствия ESG принципам, в лице дефицита кадрового рынка, высокого объема первоначальных затратах на внедрение инновационных и цифровых технологий в отрасли водоснабжения и водоотведения.
Ключевые слова: ESG-критерии, инновационные стратегии, водоснабжение, водоотведение, устойчивое развитие, цифровизация, региональная специфика.

Введение

Коммунальная инфраструктура представляет собой своеобразные скелет любой жилищной территории и территории благоустройства, который несет ха собой фундамент напрямую отражающий функционирования и уровень благосостояния любого города, который отражает уровень удовлетворенности населения услугами жилищно-коммунального хозяйства и уровень благосостояния населения, что является наиважнейшим социальным фактором [1].

Строительство, реконструкция и модернизация объектов капитального строительства в области теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения требует применения технологий и оборудования с учетом территориальных и климатических особенности регионов, в чем и способствует применение цифровых технологий в лице составления цифровых двойников и применение автоматических приборов учета [6].

Типовые подходы к реализации коммунальных проектов в организациях водоканалах ориентировались на достижение технико-экономических показателей, которые установлены законодательством, и зачастую экологические и социальные эффекты оставляли на заднем плане.

ESG-подход представляет собой комплексную систему обширных критериев, которые позволяют оценивать уровень соблюдения трендов в экологических, социальных и управленческих сферах в результате ведения своей сферы деятельности той или иной организации.

Внедрение данных принципов заставляет реализовывать деятельность той или иной организации не только со стороны максимизации прибыли, но и с учетом экологической безопасности и социальной направленности, оказывающей положительных эффект на качество жизни населения.

Система оценки соответствия ESG критериев представляет из себя набор большого количества индикаторов представляющих из себя разделения на три основных блока (экологическая, социальная и управленческая направленность) которые относятся к рассматриваемой специфике отрасли водоснабжения и водоотведения. В свою очередь для предприятий осуществляющих свою деятельность в области жилищно-коммунального хозяйства соответствие ESG принципам играют основополагающую роль в рамках повышения инвестиционной привлекательности.

В качестве цели данного исследования можно обозначить как выявление механизма соответствия ESG принципов как способ выявления инновационной стратегии развития сферы водоснабжения и водоотведения.

Методология

Методологическую основу исследования составляет системных подход к рассмотрению ESG критериев и принципов в совокупности внедрения инновационных и цифровых технологий в сфере водоснабжения и водоотведения при помощи анализа управленческих и технологических норм, которые определяют и задают направленность ведения деятельности предприятий в рассматриваемой отрасли в рамках перехода к устойчивому развитию предоставления услуг водоснабжения и канализования.

Внедрение инновационных и цифровых технологий в сфере водоснабжения и водоотведения напрямую оказывает влияние на соблюденик положительного экологического эффекта в результате деятельности того или иного предприятия, с учетом предоставления прозрачной отчетности своей деятельности с целью трансформации взаимодействия между участниками коммунальных проектов, упрощая бюрократические барьеры.

Основными методами исследования являются сравнительный анализ практик реализации коммунальных проектов и анализ стратегических документов и отчетов в области устойчивого развития сферы водоснабжения и водоотведения.

В свою очередь сравнительный анализ позволяет выявить практику успешного соответчик ESG-принципов реализованных коммунальных проектов с учетом внедрения инновационных и цифровых технологий, способствующих их эффективной реализации.

Основная часть

Для начала в рамках проведения оценки физического состояния коммунальной инфраструктуры можно констатировать критический износ существующих коммунальных сетей, в которой любые технологические нововведения порождают необходимость экстренного урегулирования аварийных ситуаций. Состояние инженерных систем напрямую влияет на готовность муниципальных заказчиков к рискам, связанным с применением инновационных технологий, и на способность подрядчиков должным образом проводить работы по эксплуатации данных объектов.

**составлено автором на основании статистических данных официальной Российской статистики и органов исполнительной власти*

Представленные данные выявляют существенную территориальную дифференциацию в состоянии коммунальных систем в рамках износа коммунальных сетей и потери при транспортировке питьевой воды по коммунальным сетям.

Таблица 1
Состояние коммунальной инфраструктуры по федеральным округам Российской Федерации

Федеральный округ	Износ сетей водоснабжения, %	Потери воды при транспортировке, %
Центральный	41,2	18,7
Северо-Западный	48,6	22,4
Южный	44,8	20,1
Северо-Кавказский	52,3	26,3
Приволжский	45,7	21,5
Уральский	43,9	19,8
Сибирский	50,1	24,6
Дальневосточный	54,8	27,9
Российская Федерация	**43,4**	**22,1**

Дальневосточный, Северо-Кавказский и Сибирский федеральные округа характеризуются наиболее критическими показателями износа и аварийности, что объективно требует существенного выполнения объема работ по реконструкции и модернизации систем водоснабжения и водоотведения, однако именно эти территории сталкиваются с наибольшими институциональными ограничениями в лице дефицита консолидированного бюджета субъекта и рынка высоко квалифицированных кадров, способных выполнять необходимые работы в рамках реализации данных проектов

Центральный и Уральский округа, напротив, демонстрируют относительно благоприятные технические показатели, что создает предпосылки для внедрения инновационных и цифровых технологий, облегчающих процесс реализации коммунальных проектов и повышающих их эффективность, но и здесь возникают барьеры в лице организационно-управленческих в виду неоднозначности применения тех или иных технологий при реализации данных проектов.

Статистика потерь воды при транспортировке питьевой воды по коммунальным сетям констатирует, что Дальневосточном и Северо-Кавказском округах они превышают четверть объема подачи питьевой воды, за счет того же существенного износа коммунальных сетей.

Данные убытки сокращают собственную инвестиционную базу предприятий, которые могут осуществлять работы по модернизации всей рассматриваемой сферы, вынуждая их работать в режиме постоянного финансового дефицита и зависеть от бюджетных дотаций.

В такой ситуации у предприятий в виду существенной ограниченности инвестиционного бюджета возникают трудности по осуществлению практики внедрения инновационных и цифровых технологий в процесс реализации коммунальных проектов.

В части цифровизации процессов реализации данных проектов стоит отметить, что в виду выше обозначенной картины в лице отсутствия существенных средств инвестирования со стороны частных предприятий и ограниченности консолидированных бюджетов субъектов внедрение цифровых двойников в рамках использования технологии информационного моделирования в строительства также затруднительно, что также подтверждается дефицитом рынка высоко квалицированных кадров, способных использовать данные системы на практике.

Таблица 2
Показатели цифровой зрелости и кадрового обеспечения отрасли ЖКХ по типам регионов (2024 г.)

Тип региона	Доля объектов с внедренными системами диспетчеризации, %	Уровень интеграции с ГИС ЖКХ, %	Дефицит инженерно-технических кадров, %	Доля организаций, осуществлявших технологические инновации, %
Столичные агломерации	68,4	82,1	12,3	19,8
Промышленные центры	47,2	61,5	24,7	14,2
Южные сельскохозяйственные регионы	31,5	44,8	38,4	10,6
Северные и арктические территории	28,7	39,2	52,6	8,4
Депрессивные малые города и сельские поселения	18,3	24,6	61,8	6,3
В среднем по РФ	**41,5**	**53,4**	**34,2**	**11,9**

**составлено автором на основании статистических данных официальной Российской статистики и органов исполнительной власти*

На основании вышерассмотренных данных можно констатировать критический уровень кадрового дефицита в большинстве регионов за пределами столичных агломераций, а также стоит отметить, что в депрессивных территориях и северных районах дефицит кадров превышает 50%, что существенно затрудняет процесс внедрения инновационных и цифровых технологий в реализацию коммунальных проектов и процесс проведения их эксплуатации должным образом.

Показатели цифровой зрелости в столичных агломерациях с государственными информационными системами превышает 80%, то в малых городах и сельских поселениях он не достигает и четверти от этого значения.

Доля организаций, осуществлявших технологические инновации в столичных агломерациях приближается к 20%, что можно считать относительно приемлемым показателем для осуществления интеграции инновационных технологий на практике, в тоже время в депрессивных территориях значение падает до 6,3%, что фактически означает остановку технологического обновления в значительной части рассматриваемой отрасли.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что барьеры модернизации объектов жилищно-коммунального хозяйства носят комплексный и территориально-дифференцированный характер, что исключает возможность их преодоления посредством развития одного конкретного направления, в данном случае необходимо комплексно осуществлять меры по проведению практики внедрения инновационных и цифровых технологий в процесс реализации коммунальных проектов и параллельно осуществлять работу по нарастанию кадрового рынка в рамках проведения программ повышения квалификации на площадках государственных высших учреждений.

Результаты

Проведенный анализ позволил выявить комплексную систему каналов влияния ESG-критериев на формирование инновационных стратегий.

Так экологический компонент ESG оказывает наиболее прямое и измеримое воздействие на выбор технологических инноваций в водоснабжении и водоотведении.

Предприятия осуществляя деятельность в рассматриваемой отрасли являющимися крупными потребителями энергоресурсов и источниками экологического воздействия на водные объекты делают данную повестку для особенно значимой.

Целевая задача предприятий водопроводно-канализационного хозяйства — обеспечение качественными услугами водоснабжения и водоотведения потребителей гарантируя экологически безопасную инфраструктуру.

Под влиянием экологических критериев происходит переориентация инновационных стратегий в направлении ресурсосбережения и снижения негативного воздействия на окружающую среду путем внедрения инновационных технологий в сфере очистки сточных вод с системами автоматического приборов учета в рамках избежания аварийной ситуации и оперативного реагирования для их урегулирования.

В свою очередь внедрения инновационных решений в области обработки осадка сточных вод в сфере водоотведения за счет внедрения технологического оборудования по обезвоживанию, стабилизации и использования осадка сточных вод на сельско-хозяйственные или строительные нужды получают дополнительное стимулирование для достижения положительного экологического эффекта.

Рассмотренный социальный компонент соответствия ESG принципам основывается на улучшении качества предоставления услуг водоснабжения и канализования. В связи с тем, что предприятия, осуществлявшие свою деятельности с сфере предоставления услуг водоснабжения и канализования, несут существенную социальную ответственность перед населением, поскольку именно качество предоставляемых данных услуг напрямую зависит на уровень качества жизни населения в том или ином регионе, а в свою очередь обеспечение качественной чистой питьевой водой и услугами канализования рассматриваются как основные цели устойчивого развития.

Рассмотренный управленческий компонент соответствия ESG принципам основывается на применении инновационной стратегии устойчивого развития за счет повышения эффективности механизмов принятия решений и инструментов целеполагания, которые основываются на достижении социальной и экологической направленности результатов своей деятельности, а качество корпоративного управления определяет способность формировать корректные долгосрочные цели и привлекать финансовые и нефинасовые ресурсы для их достижения.

Однако в процессе соответствия деятельности предприятий в сфере водоснабжения и водоотведения ESG принципам в рамках формирования инновационной стратегии устойчивого развития нередко возникают барьеры, которые препятствуют данному процессу.

Наиболее частыми возникаемыми барьерами можно обозначить организационные барьеры в лице дефицита сферы компетенций за счет недостатка высоко квалифицированных кадров в области сфере реализации коммунальных проектов с внедряемыми инновационными и цифровыми технологиями в рамках устойчивого развития и Финансовые барьеры, которые проявляются в высоких первоначальных затратах на внедрение инновационных и цифровых технологий в рассматриваемой отрасли с учетом соответствия ESG принципов и ограниченности размера финансирования со стороны источников инвестирования частного предпринимательства и ограниченности размера консолидированного бюджета субъектов.

Заключение

В результате проведенного исследования можно сформировать представление о влиянии ESG принципов на направленность деятельности организаций в

сфере водоснабжении и водоотведения с учетом внедрения инновационных и цифровых технологий в процессе реализации коммунальных проектов.

Более того стоит отметить, что ESG-трансформация предоставления услуг водоснабжения и канализования основывается на фундаментальном изменении применения инструментов стратегического планирования, которые оказывают влияние на порядок взаимодействия всех участников реализации коммунальных проектов.

Все компоненты в составе соответствия ESG принципам оказывают влияние на выбор технологического оборудования с целью повышения экологического эффекта в рамках снижения негативного воздействия на водные объекты, качество предоставления услуг водоснабжения и канализования за счет трансформации предпринимаемых стратегических решений по их предоставлению.

Также выявленные барьеры требуют комплексных мер по разработке методических рекомендаций по соответствию ESG принципам в рамках стимуляции мер государственной поддержки и интеграции элементов соответствия ESG принципам на уровень целеполагания в системе управления в рамках развития корпоративной культуры.

Литература

1. Полуянов В.П. Реализация принципов ESG на предприятиях водоснабжения в условиях цифровизации // Путеводитель предпринимателя. — 2023. — Т. 16 № 4. — С. 105-111.
2. Семенова Н.Н. ESG-трансформация российских компаний в интересах устойчивого развития // Экономика. Налоги. Право. — 2023. — Т. 16 № 3. — С. 57-65.
3. Петрова Х.Ж., Мержо М.Ш. ESG как методология устойчивого развития регионов: структура, стандарты и институциональная интеграция // Региональная и отраслевая экономика. — 2025. — № 5. — С. 63-69.
4. Фуртатова А.С. Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства Российской Федерации на пути к устойчивому развитию // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2024. — № 10-2 (116). — С. 153-156.
5. Ерзнкян Б.А., Фонтана К.А. Технологические и институциональные аспекты инновационного водоснабжения в городском хозяйстве // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2018. — № 7. — С. 39-46.
6. Гаврилова Э.Н. «Зеленое» финансирование в России: специфика, основные инструменты, проблемы развития // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. — 2020. — № 2 (33). — С. 48-54.
7. Копалкина Е.А., Арумтамян М.Г. и др. Текущее состояние рынка зеленых финансов в России и перспективы его развития // Финансовый журнал. — 2025. — № 5. — С. 76-92.
8. Королева Е.Н., Мелешкина С.И. ESG-трансформация моделей городского развития // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2021. — № 12 (206). — С. 33-43.
9. Маслова С.В. Таксономии проектов «устойчивого развития» и «зеленых» проектов в России: проблемы и перспективы // Юридические исследования. — 2023. — № 11. — С. 98-107.

The impact of ESG criteria on the choice of innovative strategies for the development of regional wastewater disposal systems

Sulimov N.Yu.

Ufa University of Science and Technology

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the impact of ESG criteria on the development of an innovative strategy for the sustainable development of the water supply and wastewater disposal sector through improving the environmental efficiency of implemented utility projects and enhancing the quality of water supply and sewage services, which constitutes the main social contribution by improving the population's quality of life.

Based on analytical data, it has been revealed that the environmental component of compliance with ESG principles is based on the implementation of innovative and digital technologies as part of ongoing utility projects; the social component of compliance with ESG principles improves the quality of water supply and sewage services; and the management component of compliance with ESG principles changes the tools for making strategic decisions and setting goals, which in turn reduces bureaucratic barriers between participants in utility project implementation.

As a result of the identified measures, the main barriers that arise in the process of complying with ESG principles have been identified, namely, a shortage of skilled personnel and high initial costs for the implementation of innovative and digital technologies in the water supply and wastewater disposal sector.

Keywords: ESG criteria, innovative strategies, water supply, wastewater disposal, sustainable development, digitalization, regional specifics.

References

1. Poluyanov V.P. Implementation of ESG principles at water supply enterprises in the context of digitalization // Entrepreneur's Guide. — 2023. — Vol. 16, No. 4. — Pp. 105–111.
2. Semenova N.N. ESG transformation of Russian companies in the interests of sustainable development // Economy. Taxes. Right. — 2023. — Vol. 16, No. 3. — Pp. 57–65.
1. Petrova Kh.Zh., Merzho M.Sh. ESG as a methodology for the sustainable development of regions: structure, standards, and institutional integration // Regional and Sectoral Economics. — 2025. — No. 5. — Pp. 63–69.
4. Furtatova A.S. Enterprises of the water supply and sewage system of the Russian Federation on the path to sustainable development // Economics and Business: Theory and Practice. — 2024. — No. 10-2 (116). — Pp. 153–156.
5. Yerznkyan B.A., Fontana K.A. Technological and institutional aspects of innovative water supply in urban infrastructure // Regional Problems of Economic Transformation. — 2018. — No. 7. — Pp. 39–46.
6. Gavrilova E.N. "Green" financing in Russia: specifics, main tools, development problems // Bulletin of Moscow University named after S.Yu. Witte. Series 1: Economics and Management. — 2020. — No. 2 (33). — Pp. 48-54. 7. Kopalkina E.A., Arutamyan M.G., et al. The current state of the green finance market in Russia and its development prospects // Financial Journal. — 2025. — No. 5. — Pp. 76–92.
8. Koroleva E.N., Meleshkina S.I. ESG transformation of urban development models // Bulletin of Samara State Economic University. — 2021. — No. 12 (206). — Pp. 33–43.
9. Maslova S.V. Taxonomies of "sustainable development" and "green" projects in Russia: problems and prospects // Legal Studies. — 2023. — No. 11. — Pp. 98–107.

Таможенная инфраструктура в разрезе региональной экономики

Андреевский Владислав Сергеевич
аспирант, кафедра региональной экономики и природопользования, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, infait6@gmail.com

Предмет статьи составляет таможенная инфраструктура как система материально-пространственных, транспортно-логистических, сервисных, цифровых элементов, обеспечивающих движение внешнеторговых потоков, включение регионов в международные хозяйственные связи. Территориальное перераспределение товаропотоков, рост нагрузки на отдельные пограничные направления, развитие международных транспортных коридоров повышают зависимость региональной внешнеэкономической деятельности от пропускной способности, размещения, технологического состояния инфраструктурных объектов. Цель исследования состоит в систематизации структуры таможенной инфраструктуры, механизмов ее воздействия на региональную экономику. Применены анализ научных публикаций, сравнительный анализ, классификация, обобщение, логико-аналитический анализ, синтез. Материальную основу составили русскоязычные исследования 2022–2026 гг., посвященные таможенной инфраструктуре, логистике, пунктам пропуска, цифровизации, транспортным коридорам, региональной таможенной деятельности. Научная новизна представлена выделением пространственно-логистического, административно-сервисного, цифрового, инвестиционно-инфраструктурного контуров регионального воздействия. Установлена взаимная зависимость параметров внешнеторговых потоков, требований к инфраструктурному обеспечению их перемещения. Результаты применимы при определении региональных приоритетов модернизации пунктов пропуска, терминальных объектов, цифровых сервисов, сопряженной транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: таможенная инфраструктура, региональная экономика, таможенная логистика, пункты пропуска, внешнеэкономическая деятельность, транспортные коридоры, околотаможенная инфраструктура, пропускная способность, цифровизация таможни, приграничные регионы.

Введение

Территориальное перераспределение внешнеторговых потоков увеличивает нагрузку на транспортные коридоры, пограничные переходы, терминальные мощности регионов, через которые проходят международные маршруты товарообмена, вследствие чего экономическая функция таможенной инфраструктуры определяется участием в обработке грузопотоков, совершении таможенных операций, информационном взаимодействии участников внешнеэкономической деятельности, сопряжении региональных транспортных сетей с международными направлениями. Пропускная способность пунктов пропуска, доступность складских и терминальных объектов, состояние подъездных путей, цифровое обеспечение таможенных процессов формируют взаимосвязанную систему условий, определяющую временные параметры перемещения товаров, устойчивость логистических схем, возможности хозяйствующих субъектов участвовать во внешнеторговых операциях.

Пространственная связь объектов таможенной инфраструктуры с транспортными узлами, приграничными территориями, зонами концентрации внешнеэкономической деятельности, международными транспортными коридорами определяет ее место в региональной экономике, поскольку изменение интенсивности товаропотока формирует спрос на дополнительную инфраструктурную мощность, расширение такой мощности увеличивает возможности территории по обработке экспортных, импортных, транзитных потоков. Эта взаимозависимость характеризует таможенную инфраструктуру как фактор пространственной организации региональных внешнеэкономических процессов.

Цель исследования состоит в систематизации структуры таможенной инфраструктуры, механизмов ее воздействия на региональную экономику. Ее достижение предполагает решение трех задач — систематизацию функциональных, структурных элементов таможенной инфраструктуры, установление каналов ее связи с региональными внешнеэкономическими, логистическими процессами, определение инфраструктурных ограничений, направлений развития, связанных с адаптацией регионов к изменению товаропотоков.

Научная новизна состоит в регионально-экономической интерпретации таможенной инфраструктуры через пространственно-логистический, административно-сервисный, цифровой, инвестиционно-инфраструктурный контуры, совместное действие которых связывает физическую пропускную способность объектов, организацию таможенных операций, информационную связанность участников, размещение сопутствующей инфраструктуры с возможностями территории обслуживать внешнеторговые потоки.

Материалы и методы

Источниковую основу образуют современные исследования таможенного, транспортно-логистического обеспечения внешнеэкономической деятельности. М.А. Баглай [1] исследовал состав таможенной инфраструктуры, ее функции во взаимодействии таможенных органов с субъектами ВЭД, связав формирование таможенно-логистической базы с развитием внешнеэкономической деятельности на региональном, страновом уровнях. Состояние таможенной инфраструктуры через таможенно-логистические терминалы, особые экономические зоны, территории опережающего социально-экономического развития оценили А.Е. Бобров, В.А. Носиков, Б.С. Пинаев [2]. О.В. Гудкова, Ю.А. Дворецкая, Л.В. Ермакова [3] раскрыли связь таможенной логистики со скоростью операций, качеством контроля, построением маршрутов, временными затратами внешнеэкономической деятельности. А.П. Джабиев [4] рассмотрел таможенную, транспортно-логистическую инфраструктуру ЕАЭС как единую систему, сосредоточив внимание на приграничном размещении объектов, транспортных коридорах, интеллектуальных пунктах пропуска. Материальное, технологическое, цифровое обеспечение инфраструктуры государств — членов ЕАЭС исследовали Т.В. Добринова, М.А. Чаплыгина, Л.А. Пасечко, А.О. Клишевич [5]. Ю.Д. Коровкин [6] определил место таможенно-логистической инфраструктуры в международных перевозках, логистических сетях, терминальном обслуживании грузов. Железнодорожный пункт пропуска как систему массового обслуживания в условиях роста грузопотока на дальневосточном направлении рассмотрела Е.А. Личман [7]. Ю.В. Малевич, Е.А. Личман [8] исследовали понятийную, функциональную трансформацию инфраструктуры таможенной, логистической сфер под воздействием цифровизации. Развитие международных транспортных коридоров Дальнего Востока с учетом пограничной, терминально-логистической, транспортной составляющих проанализировали А.С. Олейников, А.Ю. Кожанков, В.В. Панюкова, Д.С. Баюшкин [9]. Н.И. Осипенко, Р.И. Балашова, А.В. Моисеева [10] раскрыли функции, полномочия, услуги таможенных органов в связи с внешнеторговой деятельностью региона.

Анализ научных публикаций применен для выделения характеристик таможенной инфраструктуры, сравнительный анализ обеспечил сопоставление функциональных, пространственных, технологических подходов,

классификация использована для группировки инфраструктурных элементов, каналов регионального воздействия. Логико-аналитический анализ обеспечил установление связей между товаропотоками, пропускной способностью, таможенными операциями, размещением инфраструктуры, обобщение, синтез послужили основой для формирования целостного представления о месте таможенной инфраструктуры в региональной экономике.

Результаты

Таможенная инфраструктура образует функционально связанную систему ресурсов, объектов, обеспечивающих перемещение товаров через таможенную границу, совершение таможенных операций, взаимодействие государственных органов с субъектами ВЭД, поэтому ее состав охватывает здания, сооружения, оборудование, складские мощности, терминальные мощности, информационно-технический сегмент, сервисную среду, организационные элементы, сопряженную транспортную инфраструктуру. М.А. Баглай связывает содержание инфраструктуры с системой таможенных услуг, взаимодействием субъектов ВЭД, Ю.В. Малевич, Е.А. Личман фиксируют функциональную трансформацию инфраструктурных понятий под воздействием цифровизации [1; 8]. Совокупность этих положений задает объект анализа через взаимосвязи физических ресурсов, технологий, сервисов, информационных потоков.

Материально-технический сегмент определяет способность территории обрабатывать товаропоток через доступные площади, оборудование, транспортные подходы, складские мощности, производительность пунктов пропуска. А.Е. Бобров, В.А. Носиков, Б.С. Пинаев включают в инфраструктурную среду таможенно-логистические терминалы, особые экономические зоны, территории опережающего социально-экономического развития [2]. Т.В. Добринова с соавторами связывает выполнение функций таможенных органов с материальной базой, оборудованием, помещениями, складскими мощностями, кадровым обеспечением, технологическим развитием пунктов пропуска [5], вследствие чего состояние перечисленных элементов задает инфраструктурную емкость региона для приема, обработки, дальнейшего распределения международного товаропотока [2; 5].

Таможенная логистика формирует экономическое воздействие инфраструктуры через скорость операций, организацию маршрута, временные затраты, качество контроля, объединяя таможенные, логистические процедуры в последовательную систему перемещения товара [3]. Согласование пропускной способности автомобильной либо железнодорожной сети с возможностями пограничного перехода, терминальной обработки, таможенного обслуживания приобретает для региона системное значение, что соотносится с подходом Ю.Д. Коровкина, включающего логистические терминалы, мультимодальные перевозки, приграничное размещение таможенно-логистических объектов в инфраструктуру международного сотрудничества [6]. Способность территории проводить товар через транспортные, терминальные, контрольные операции с согласованными параметрами мощности образует один из основных каналов связи таможенной инфраструктуры с региональной экономикой [3; 6].

Пространственная организация инфраструктурных объектов соотносится с географией внешнеторговых, транзитных потоков, поскольку А.П. Джабиев связывает развитие приграничной инфраструктуры государств ЕАЭС с транспортными коридорами, возрастающей нагрузкой на транспортные системы [4], Ю.Д. Коровкин ориентирует размещение таможенно-логистических объектов на территории, приближенные к таможенной границе [6]. Исследование международных транспортных коридоров Дальнего Востока включает прогнозы международных, внутренних, региональных перевозок, загрузку транспортной инфраструктуры, состояние автомобильных сетей, железнодорожных сетей, терминально-логистическую инфраструктуру, пограничную инфраструктуру в совокупность параметров развития маршрутов [9]. Значение конкретного объекта определяется его положением относительно товаропотока, транспортного узла, международного маршрута, региональных центров производства, потребления [4; 6; 9].

Пропускная способность отражает соответствие инфраструктурной мощности интенсивности грузопотока. Е.А. Личман исследует железнодорожный пункт пропуска «Пограничный» посредством аппарата системы массового обслуживания в условиях роста нагрузки, связанного с переориентацией товаропотоков на азиатское направление [7]. А.С. Олейников с соавторами включают модернизацию российско-китайских пунктов пропуска в направления развития дальневосточных транспортных коридоров [9], А.П. Джабиев связывает качественное развитие инфраструктуры ЕАЭС с увеличением транспортной нагрузки, совершенствованием приграничных объектов [4]. Изменение направления либо интенсивности грузопотока преобразует требования к производительности инфраструктурного узла, рассогласование объема поступающего потока с мощностью его обработки распространяет нагрузку на транспортные, терминальные, таможенные звенья [4; 7; 9].

Цифровой контур входит в инфраструктурную мощность через информационный обмен, технологическую организацию операций, электронное взаимодействие участников. Ю.В. Малевич, Е.А. Личман связывают цифровизацию с понятийной, функциональной трансформацией инфраструктуры таможенной, логистической сфер [8]. Т.В. Добринова с соавторами рассматривает развитие инфраструктурных объектов совместно с цифровым обеспечением таможенных процессов, информационного взаимодействия [5], О.В. Гудкова, Ю.А. Дворецкая, Л.В. Ермакова соотносят результативность таможенной логистики со скоростью операций, качеством контроля, оптимизацией маршрутов, временными затратами [3]. Инфраструктурная производительность в таком представлении складывается из материальной мощности, цифровой связанности, технологической организации процессов [3; 5; 8].

Околотаможенная инфраструктура формирует связь государственной системы таможенного контроля с коммерческой логистической средой через терминалы, складские объекты, посреднические структуры, транспортно-экспедиционные организации, обеспечивающие хранение, обработку, оформление, последующую перевозку грузов. М.А. Баглай включает сервисную составляющую в систему взаимодействия таможенных органов с хозяйствующими субъектами [1], А.Е. Бобров с соавторами рассматривает таможенно-логистические терминалы как часть современной инфраструктурной среды [2], Ю.Д. Коровкин связывает терминальную сеть с международной логистикой, привлекательностью транспортно-экспедиционного обслуживания [6]. Прохождение международного грузопотока через регион формирует спрос на терминальные, складские, транспортные, посреднические услуги, расширяя хозяйственную среду, связанную с внешнеэкономической деятельностью [1; 2; 6].

Сопряжение таможенных объектов с территориальными механизмами хозяйственного развития формирует инвестиционно-инфраструктурный контур, поскольку А.Е. Бобров, В.А. Носиков, Б.С. Пинаев рассматривают таможенную инфраструктуру совместно с особыми экономическими зонами, территориями опережающего социально-экономического развития, таможенно-логистическими терминалами [2], А.П. Джабиев связывает создание приграничных инфраструктурных объектов с социально-экономическим развитием территорий государств ЕАЭС [4]. Транспортная доступность, таможенное обслуживание, терминальные мощности, специальные территориальные режимы образуют условия размещения внешнеэкономически ориентированной деятельности, поэтому экономическая роль объекта зависит от его сопряжения с производственной, складской, транспортной, деловой инфраструктурой региона [2; 4].

Административно-сервисный контур выражает связь инфраструктуры с региональной экономикой через функции таможенных органов, их полномочия, предоставляемые участникам ВЭД услуги. Н.И. Осипенко, Р.И. Балашова, А.В. Моисеева рассматривают таможенную деятельность региона в связи с внешнеторговым оборотом, таможенными платежами, государственными услугами, функциями, полномочиями таможенных органов [10]. Хозяйствующий субъект взаимодействует с физическим объектом, установленной процедурой, информационным сервисом, компетенциями соответствующего органа как с элементами единой инфраструктурной среды, согласованность которых определяет условия осуществления внешнеэкономической деятельности [10].

Систематизация рассмотренных положений выделяет четыре контура воздействия таможенной инфраструктуры на региональную экономику: пространственно-логистический контур охватывает пункты пропуска, транспортные коридоры, терминалы, складские мощности, связывающие территорию с международными грузопотоками [4; 6; 7; 9], административно-сервисный контур объединяет организацию таможенных операций, услуги, взаимодействие органов с участниками ВЭД [1; 3; 10], цифровой контур включает информационные технологии, цифровые сервисы, технологическую связанность операций [5; 8], инвестиционно-инфраструктурный контур характеризует сопряжение таможенных объектов с зонами хозяйственной активности, логистической инфраструктурой территории [2; 4]. Согласованность этих контуров определяет реализуемую производительность цепи обработки внешнеторгового потока.

Региональная экономика, таможенная инфраструктура связаны взаимным воздействием: рост либо территориальное перераспределение товаропотока изменяет загрузку пунктов пропуска, терминалов, транспортных подходов, формируя спрос на дополнительную инфраструктурную мощность [4; 7; 9], развитие соответствующих объектов расширяет способность территории включаться в международные цепи поставок, обслуживать внешнеторговые операции, формировать логистический сервис [2; 3; 6; 10]. Таможенная инфраструктура в этой системе отражает пространственную концентрацию внешнеэкономических потоков, создает условия для их последующего обслуживания, закрепления, масштабирования.

Обсуждение

Экономическая роль таможенной инфраструктуры определяется степенью включения ее объектов в территориальные хозяйственные связи, поскольку пункт пропуска реализует пропускную способность во взаимосвязи с автомобильной либо железнодорожной сетью, терминальной обработкой, складским обслуживанием, цифровыми технологиями, административными процедурами. Различия в конфигурации товаропотоков, доступности транспортных подходов, составе сервисной среды, цифровой зрелости операций формируют территориальную дифференциацию эффекта от объектов сопоставимой физической мощности.

Исследовательские подходы охватывают несколько уровней одной инфраструктурной системы: структурный уровень характеризует ресурсы, объекты, сервисные элементы, логистический уровень описывает движение, обработку товаропотока, пространственный уровень связывает инфраструктуру с транспортными коридорами, региональный уровень раскрывает включение

таможенной деятельности во внешнеторговые процессы территории. Связь этих уровней проявляется через переход ресурсного состояния объекта в операционную способность, операционной способности в параметры движения грузов, параметров движения в пространственную конфигурацию региональной внешнеэкономической деятельности.

Взаимная зависимость инфраструктуры, товаропотоков определяет чувствительность приграничных территорий к изменению географии международной торговли, поскольку существующие, прогнозируемые потоки формируют требования к расположению, мощности объектов, созданная пропускная способность участвует в последующем развитии соответствующих маршрутов. Быстрое перераспределение грузов концентрирует нагрузку на отдельных переходах, транспортных подходах, адаптационные возможности региональной системы зависят от скорости согласования товаропотока с мощностью всех обслуживающих его звеньев.

Территориальная специализация меняет состав инфраструктурных параметров, имеющих ведущее значение для региона: приграничная территория ориентирована на пропуск, обработку международного потока в месте пересечения границы, промышленный либо распределительный регион связан с международными маршрутами через доступ к транспортным коридорам, терминальной сети, складским мощностям, цифровому взаимодействию с таможенными органами. Оценка инфраструктуры требует учета хозяйственной специализации территории, места региона в цепи перемещения товара.

Цифровизация расширяет содержание инфраструктурной мощности за счет информационного обмена, автоматизации операций, технологической связанности участников, поскольку физические параметры пункта пропуска, транспортная мощность, площадь терминалов характеризуют материальную составляющую, скорость информационного обмена, организация таможенных операций характеризуют технологическую составляющую. Синхронное развитие этих компонентов поддерживает рост общей производительности цепи вследствие последовательного прохождения нагрузки через физические, информационные, административные элементы.

Мезоуровневая оценка совокупного инфраструктурного эффекта остается направлением дальнейшей разработки, поскольку рассмотренные публикации подробно раскрывают отдельные объекты, функции, транспортные коридоры, цифровые решения, региональные таможенные процессы, количественная интеграция перечисленных параметров требует общей системы взаимосогласованных показателей. Такая система может объединять пропускную способность, продолжительность операций, загрузку транспортных подходов, терминальную обеспеченность, интенсивность региональной внешнеэкономической деятельности, обеспечивая сопоставление инфраструктурных потребностей территорий.

Масштаб применимости рассмотренных подходов определяется территориальной спецификой исследуемых объектов: материалы по Дальнему Востоку характеризуют регионы, включенные в российско-азиатские транспортные направления, исследования ЕАЭС раскрывают наднациональную инфраструктурную координацию, работы о таможенной деятельности региона отражают административно-сервисный уровень. Практическое использование обобщенной модели требует конкретизации состава товаропотоков, способов перевозки, размещения пунктов пропуска, терминальных мощностей, хозяйственной специализации территории.

Приоритеты модернизации могут определяться через последовательную диагностику направления, интенсивности товаропотока, сопоставление его параметров с мощностью пограничного, терминального обслуживания, выявление ограничивающего звена, согласование физического расширения с цифровой, сервисной модернизацией, включение выбранного решения в региональную транспортно-логистическую систему. Такая последовательность связывает развитие таможенной инфраструктуры с экономическими потребностями территории, ориентирует инвестиционные решения на производительность всей цепи перемещения внешнеторгового потока.

Заключение

Структура таможенной инфраструктуры включает материально-пространственные объекты, транспортно-логистические элементы, административно-сервисную среду, цифровые технологии, околотаможенные сервисы, функциональная связанность которых определяет условия прохождения внешнеторгового потока через последовательность физических, информационных, организационных операций.

Воздействие таможенной инфраструктуры на региональную экономику реализуется через четыре взаимосвязанных контура: пространственно-логистический контур определяет включенность территории в международные маршруты, способность обрабатывать грузопоток, административно-сервисный формирует условия взаимодействия участников ВЭД с таможенными органами, цифровой обеспечивает информационную связанность, технологическую организацию операций, инвестиционно-инфраструктурный связывает таможенные объекты с терминальными комплексами, транспортными узлами, территориями хозяйственной активности. Объем, география товаропотоков формируют спрос на инфраструктурную мощность региона, развитие соответствующих объектов расширяет возможности территории обслуживать внешнеэкономические связи.

Инфраструктурные ограничения формируются через рассогласование пропускной способности с интенсивностью товаропотока, пространственную несогласованность объектов с транспортными коридорами, различия в темпах физической, цифровой модернизации, слабую сопряженность отдельных звеньев терминально-логистической системы. Развитие таможенной инфраструктуры на региональном уровне требует согласования пунктов пропуска, транспортных сетей, терминальных мощностей, цифровых сервисов, административных процессов с фактической, прогнозируемой структурой внешнеэкономической деятельности территории.

Литература

1. Баглай М. А. Таможенная инфраструктура и ее компоненты на этапе интеграционных процессов в сфере взаимодействия таможенных органов и субъектов ВЭД // Первый экономический журнал. 2022. № 12 (330). DOI 10.58551/20728115_2022_12_10.
2. Бобров А. Е., Носиков В. А., Пинаев Б. С. Оценка состояния таможенной инфраструктуры в современных условиях // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 12-3 (75). С. 66–69. DOI 10.24412/2500-1000-2022-12-3-66-69.
3. Гудкова О. В., Дворецкая Ю. А., Ермакова Л. В. Эффективная таможенная логистика — основа развития внешнеэкономической деятельности // Baikal Research Journal. 2024. Т. 15. № 2. С. 637–648. DOI 10.17150/2411-6262.2024.15(2).637-648.
4. Джабиев А. П. Системный подход к качественным изменениям таможенной и транспортно-логистической инфраструктуры ЕАЭС // Вестник Евразийской науки. 2023. Т. 15. № 1. 21ECVN123.
5. Добринова Т. В., Чаплыгина М. А., Пасечко Л. А., Клишевич А. О. Совершенствование таможенной инфраструктуры как фактора развития внешнеэкономической деятельности государств — членов ЕАЭС // Управленческий учет. 2026. № 1. С. 140–148. DOI 10.25806/uu-5973.
6. Коровкин Ю. Д. Таможенно-логистическая инфраструктура в системе международного сотрудничества // Лизинг. 2024. № 4. С. 7–12. DOI 10.33920/VNE-3-2404-01.
7. Личман Е. А. Железнодорожный пункт пропуска как элемент системы массового обслуживания // Региональные проблемы преобразования экономики. 2023. № 1 (147). С. 86–90. DOI 10.26726/1812-7096-2023-1-86-90.
8. Малевич Ю. В., Личман Е. А. Таможенная и логистическая инфраструктура: понятийная и функциональная трансформация в условиях цифровизации // Экономика и управление. 2022. Т. 28. № 3. С. 297–305. DOI 10.35854/1998-1627-2022-3-297-305.
9. Олейников А. С., Кожанков А. Ю., Панюкова В. В., Баюшкин Д. С. Развитие международных транспортных коридоров, проходящих через Дальневосточный регион // Вестник Евразийской науки. 2024. Т. 16. № 4. 32ECVN424.
10. Осипенко Н. И., Балашова Р. И., Моисеева А. В. Таможенная деятельность региона: функции, полномочия, услуги // Управленческий учет. 2024. № 9. С. 196–204. DOI 10.25806/uu-4700.

Customs infrastructure in the context of the regional economy

Andreevsky V.S.
Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The subject of this article is customs infrastructure, defined as a system of material-spatial, transport-logistics, service, and digital elements that facilitate the movement of foreign trade flows and the integration of regions into international economic relations. The territorial redistribution of commodity flows, the increasing load on specific border routes, and the development of international transport corridors heighten the dependence of regional foreign economic activity on the throughput capacity, location, and technological state of infrastructure facilities. The study aims to systematize the structure of customs infrastructure and the mechanisms of its impact on the regional economy. The methodology includes the analysis of scholarly publications, comparative analysis, classification, generalization, logical-analytical analysis, and synthesis. The study draws upon Russian-language research from 2022–2026 concerning customs infrastructure, logistics, border crossing points, digitalization, transport corridors, and regional customs operations. Its scientific novelty lies in identifying distinct spheres of regional impact: spatial-logistics, administrative-service, digital, and investment-infrastructure. The study establishes the interdependence between the parameters of foreign trade flows and the infrastructure requirements for their movement. The findings are applicable to determining regional priorities for the modernization of border crossing points, terminal facilities, digital services, and associated transport infrastructure.

Keywords: customs infrastructure, regional economy, customs logistics, border crossing points, foreign economic activity, transport corridors, customs-related infrastructure, throughput capacity, customs digitalization, border regions.

References

1. Baglay M. A. Customs infrastructure and its components during integration processes involving the interaction between customs authorities and foreign economic activity entities // Pervyy ekonomicheskiy zhurnal [The First Economic Journal]. 2022. No. 12 (330). DOI 10.58551/20728115_2022_12_10.
2. Bobrov A. E., Nosikov V. A., Pinaev B. S. Assessment of the state of customs infrastructure in modern conditions // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2022. No. 12-3 (75). Pp. 66–69. DOI 10.24412/2500-1000-2022-12-3-66-69.
3. Gudkova O. V., Dvoretskaya Yu. A., Ermakova L. V. Effective customs logistics: the foundation for the development of foreign economic activity // Baikal Research Journal. 2024. Vol. 15. No. 2. Pp. 637–648. DOI 10.17150/2411-6262.2024.15(2).637-648.

4. Dzhabiev A. P. A systems approach to qualitative changes in the customs and transport-logistics infrastructure of the EAEU // Vestnik Evraziyskoy nauki [Bulletin of Eurasian Science]. 2023. Vol. 15. No. 1. 21ECVN123.
5. Dobrinova T. V., Chaplygina M. A., Pasechko L. A., Klishevich A. O. Improving customs infrastructure as a factor in the development of foreign economic activity of EAEU member states // Upravlencheskiy uchet [Management Accounting]. 2026. No. 1. Pp. 140–148. DOI 10.25806/uu-5973.
6. Korovkin Yu. D. Customs and logistics infrastructure in the system of international cooperation // Leasing. 2024. No. 4. P. 7–12. DOI 10.33920/VNE-3-2404-01.
7. Lichman E. A. Railway border crossing point as an element of a mass service system // Regional Problems of Economic Transformation. 2023. No. 1 (147). P. 86–90. DOI 10.26726/1812-7096-2023-1-86-90.
8. Malevich Yu. V., Lichman E. A. Customs and logistics infrastructure: conceptual and functional transformation in the context of digitalization // Economics and Management. 2022. Vol. 28. No. 3. P. 297–305. DOI 10.35854/1998-1627-2022-3-297-305.
9. Oleynikov A. S., Kozhankov A. Yu., Panyukova V. V., Bayushkin D. S. Development of international transport corridors passing through the Far East region // The Eurasian Scientific Journal. 2024. Vol. 16. No. 4. 32ECVN424.
10. Osipenko N. I., Balashova R. I., Moiseeva A. V. Regional customs activity: functions, powers, and services // Management Accounting. 2024. No. 9. P. 196–204. DOI 10.25806/uu-4700.

Оценка эффективности банковских программ для МСП в условиях неполной наблюдаемости данных: эмпирический и сценарный контуры

Баликоев Владимир Заурбекович
профессор, д.э.н., профессор кафедры финансового рынка и финансовых институтов, Новосибирский государственный университет экономики и управления (НГУЭУ), balikoev1941@yandex.ru,

Чеботаев Николай Николаевич
аспирант, кафедра финансового рынка и финансовых институтов, Новосибирский государственный университет экономики и управления (НГУЭУ), chebotaev.nikolay@yandex.ru

Цель исследования - разработать режимно-зависимый порядок оценки эффективности банковских программ поддержки МСП при структурно неполной информационной базе. Методика сочетает нормализацию, взвешенное агрегирование, оценку происхождения и доказательности данных, частичную идентификацию и анализ чувствительности. Показатель наблюдаемой весовой массы определяет допустимую форму результата: точечную оценку с интервалом, интервальную оценку либо диагностическую панель. Апробация 15 индикаторов показала, что семь обеспечены открытыми наблюдениями, шесть требуют операторских данных, два относятся к закрытому банковскому контуру. Для профиля «зонтичного» поручительства сценарное значение 0,564 подтверждает связность алгоритма, но при наблюдаемой массе 0,067 не является фактической эффективностью программы. Отказ от индекса при критической неполноте предотвращает ложную точность и определяет приоритет запроса данных.
Ключевые слова: банковские программы для МСП, неполная наблюдаемость данных, режимно-зависимая оценка, наблюдаемая весовая масса, эмпирический контур, сценарный контур, частичная идентификация.

Введение

Банковская программа поддержки МСП объединяет кредитный продукт, распределение риска и инструменты публичной поддержки, поэтому её эффективность нельзя сводить к объёму выдач, портфелю, ставке, просрочке или числу получателей [4; 11; 13]. Комплексная оценка должна учитывать риск-скорректированную доходность и качество портфеля, доступность и операционные условия кредита, использование гарантий и бюджетных средств, а также результаты получателей [8; 14; 15; 17; 19; 20].

Необходимые сведения распределены между разными контурами: публичные источники содержат региональные и отраслевые агрегаты, оператор - данные об инструменте, гарантии и получателе, банк - заявочную воронку, риск, доходность и стоимость потерь. Результаты предприятий формируются с лагом и на ином уровне наблюдения, поэтому сведения не образуют единой доказательной оценки.

Научная проблема состоит в определении допустимой формы оценки при структурно неполной информационной базе без подмены отсутствующих фактов сценарными значениями. Цель статьи - разработать режимно-зависимый порядок оценки на основе разграничения эмпирического и сценарного контуров, наблюдаемой весовой массы и доказательности данных. Гипотеза: достоверность достигается ограничением формы итогового вывода в соответствии с происхождением и полнотой информации, а не искусственным восстановлением пропусков [16; 18]. Информационная база включает материалы Банка России, Корпорации МСП, ФНС и Росстата за 2021-2025 гг. [1; 2; 3; 5; 6; 7; 9; 10]; данные 11 субъектов ДФО используются как полигон проверки, а не предмет исследования.

Методы исследования - статистический анализ, математическое моделирование, нормализация, взвешенное агрегирование, оценка происхождения данных, частичная идентификация и сценарный анализ чувствительности [12; 13]. Научная новизна состоит в формализации соответствия между информационной обеспеченностью расчёта и допустимой формой вывода: точкой, интервалом или диагностической панелью.

Экономическая природа неполной наблюдаемости банковской программы

Банковская программа поддержки МСП связывает банк, оператора, гарантийную организацию и предприятие-получателя; её результат проявляется в доступности финансирования, доходности банковского механизма, качестве портфеля и изменении деятельности получателей [4; 11]. Информационная асимметрия кредитного рынка обусловлена неравномерным распределением сведений и возможным рационированием кредита [19], а для МСП усиливается ограниченной отчётностью, обеспечением и стадией жизненного цикла [14]. В программной оценке сведения дополнительно разделены между участниками, поэтому один массив не охватывает одновременно кредитный риск, скорректированную доходность капитала и отдачу публичного ресурса.

Публичная статистика обеспечивает межрегиональную и межвременную сопоставимость выдач, задолженности, ставок и просрочки [5], но не идентифицирует программу. Рыночная просрочка не заменяет внутреннюю дефолтность портфеля, а общебанковская рентабельность - риск-скорректированную доходность программы. Оператор располагает сведениями о поддержке, гарантии и получателе; банк - о заявках, решениях, риске, капитале и доходах; результаты предприятия появляются позднее в налоговой и статистической отчётности. Оценка поэтому должна связывать затраты программы с последующими продажами, занятостью и выживаемостью предприятий [17].

Данные различаются единицей наблюдения и периодом: публичные - регион и период, операторские - программа и договор, банковские - заявка и винтаж, результаты получателя - предприятие и финансовый год. Их связка требует общего программного идентификатора и согласованных дат.

Авторская трактовка

Неполная наблюдаемость банковской программы - несоответствие между системой показателей её комплексной эффективности и составом фактически доступных, сопоставимых и доказательных данных. Это не обычные пропуски, а следствие распределения информации, различий агрегации и сроков формирования.

По доказательному статусу различаются фактический программный показатель, публичный агрегированный аналог, закрытый операторский или банковский показатель и сценарное значение. Сценарий не является достигнутым результатом. Нулевая и средняя подстановки создают фиктивное наблюдение, публичный аналог переносит свойства рынка на программу, а перенормирование меняет предмет оценки. Передача веса риска объёму выдач превращает индекс в меру масштаба вместо качества портфеля.

Разграничение эмпирического и сценарного контуров оценки

Эмпирический контур включает фактически наблюдаемые и проверяемые значения с установленными источником, периодом, единицей наблюдения и методом расчёта. Он позволяет оценивать динамику кредитования и риска, выявлять территориальные и отраслевые различия, диагностировать финансовую среду и формировать запрос на недостающие сведения [5]. В системе из 15 показателей публично апробированы F_2, F_4, F_5, O_4, S_1, S_3 и S_4. Однако агрегированная динамика характеризует среду, а не индивидуальный результат программы; её причинная атрибуция требует идентификации получателей, сопоставимой группы и учёта затрат [17].

Сценарный контур является расчётным экспериментом: он проверяет связность последовательности «нормализация - взвешивание - агрегирование - классификация», чувствительность к значениям и весам и устойчивость категории. В него входят операторские F_6, O_1, O_2, O_3, O_5, S_2 и закрытые банковские F_1, F_3. Для них устанавливается $I_i = 0$: сценарные значения не включаются в C_{obs}, не заменяют фактический пропуск и не повышают полноту оценки.

Для эмпирического статуса необходимы значение, принадлежность программе, единица наблюдения, период, алгоритм расчёта и связь с кредитом или получателем. Иначе операторская выгрузка остаётся ориентиром, но не доказательным входом. Функции контуров приведены в таблице 1.

Таблица 1
Функции и границы информационных контуров оценки банковской программы

Контур	Допустимый вывод	Недопустимый вывод
Эмпирический	Допустима характеристика наблюдаемых показателей, финансовой среды, территориальных и отраслевых различий.	Недопустимо приписывать агрегированную динамику конкретной программе без идентификации получателей.
Сценарный	Допустим вывод только о поведении метода при заданных предпосылках.	Недопустимы вывод о фактической эффективности и построение рейтинга программ или банков.
Расширенный эмпирический	Допустима полная программная оценка при выполнении требований наблюдаемости и доказательности.	Недопустим вывод о причинном эффекте без контрольной группы или специального оценочного дизайна.

Источник: составлено авторами на основе [4; 5; 11; 17].

Режимно-зависимый порядок оценки эффективности

Базовый интегральный показатель. Нормализованные финансовые, операционные и социально-экономические индикаторы объединяются по формуле (1) [4; 11; 12; 18]:

$$E = \sum_{i=1}^{n} w_i \, z_i(q) \qquad (1)$$

где E - интегральная оценка; w_i - неотрицательный вес показателя, причём сумма весов равна единице; $z_i(q)$ - нормализованное значение с учётом доказательности. Полный цикл ОДР-модели в статье не воспроизводится: конструкция используется как расчётно-методическая платформа.

Наблюдаемая весовая масса. Фактическая информационная обеспеченность рассчитывается по формуле (2):

$$C_{\text{obs}} = \sum_{i=1}^{n} w_i \, I_i \qquad (2)$$

где $I_i = 1$ для фактически наблюдаемого и сопоставимого программного значения; $I_i = 0$ - для отсутствующего или сценарного входа. Отношение «7 из 15» не отражает полноту, поскольку индикаторы имеют разные веса и финансовую значимость: отсутствие ROE_{adj} и CoR может лишить оценки существенной части риск-доходностного содержания, хотя количественно это только два показателя.

Экономический смысл C_{obs} состоит в том, что показатель отражает долю исходной структуры оценки, подтверждённую наблюдениями, а не долю заполненных ячеек. Дополнительное требование покрытия блоков не позволяет достичь высокой общей массы только операционными или масштабными показателями при отсутствии риска и доходности.

Доказательность. Наблюдаемость отвечает на вопрос, какая весовая масса доступна, а доказательность - насколько сильный вывод допускает происхождение данных. Первичные связанные данные относятся к уровню E_3, верифицированные обследования и когорты - E_2, прокси - E_1, непроверенные сценарные значения - E_0. Для ослабления недоказанного сигнала применяется преобразование по формуле (3):

$$z_i(q) = 0{,}5 + q_i(z_i - 0{,}5) \qquad (3)$$

В рабочей калибровке $q_i = 1{,}00$ для E_3, $q_i = 0{,}75$ для E_2 и $q_i = 0{,}50$ для E_1. Коэффициент доказательности уменьшает отклонение от 0,5, но не меняет происхождение данных: сценарный показатель при любом q_i сохраняет $I_i = 0$.

Интервальная оценка. При неполной наблюдаемости исходные веса сохраняются, а границы допустимого результата рассчитываются по формулам (4) и (5):

$$E^- = \sum_{i \in O} w_i \, z_i \qquad (4)$$

$$E^+ = E^- + \sum_{i \in M} w_i \qquad (5)$$

где O и M - множества наблюдаемых и ненаблюдаемых показателей. Диапазон $[E^-; E^+]$ не является статистическим доверительным интервалом: это детерминированная область результата при структурной неполноте данных. Такая логика соответствует частичной идентификации, при которой корректным результатом может быть множество допустимых значений [16].

Перенормирование весов не применяется, поскольку оно позволяет наблюдаемым индикаторам замещать отсутствующие и искусственно сужает диапазон. При шкале 0-1 его ширина равна ненаблюдаемой весовой массе.

Режимы оценки. Режим I (достаточная наблюдаемость) применяется при $C_{\text{obs}} \geq 0{,}85$, ширине диапазона не более 0,15, покрытии не менее 60% весовой массы каждого блока и достаточной доказательности. Допускается точечная оценка, но только вместе с интервалом, блоковыми результатами и перечнем ненаблюдаемых показателей.

Режим II (ограниченная наблюдаемость) действует при $0{,}70 \leq C_{\text{obs}} < 0{,}85$: публикуются диапазон и информационные ограничения, точечный вывод и ранжирование программ не допускаются. Режим III применяется при $C_{\text{obs}} < 0{,}70$: индекс не формируется, используется диагностическая панель. Нижняя граница 0,70 уточняет базовую спецификацию 0,60: при ненаблюдаемой массе свыше 0,30 диапазон теряет достаточную диагностическую и управленческую ценность. Перейти в более информативный режим можно только после получения и проверки фактических данных.

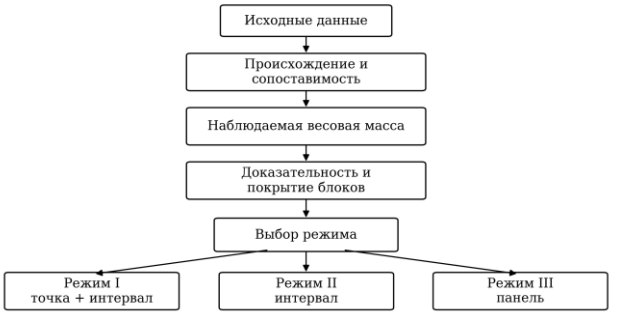


Рисунок 1. Выбор формы оценки в зависимости от наблюдаемости и доказательности данных. Источник: разработано авторами.

Дизайн сценарно-эмпирической апробации

Система включает 15 показателей: шесть финансовых, пять операционных и четыре социально-экономических. Семь обеспечены публичными наблюдениями, шесть требуют операторских данных, два - закрытого банковского контура. Последние восемь до верификации применяются только для тестирования алгоритма. База охватывает материалы Банка России [5], Корпорации МСП и РГО [3], ФНС [10], Росстата [9] за 2021-2025 гг. по 11 субъектам ДФО без построения рейтинга территорий.

Статус «эмпирически апробирован» не означает «наблюдаем для конкретной программы»: включение публичного индикатора в программный C_{obs} требует идентификаторов инструмента и получателя. Поэтому сохраняется схема «7 эмпирических + 8 сценарных», а для профиля P_2 наблюдаемость определяется заново по программно подтверждённым входам. Распределение показателей по информационным контурам представлено в таблице 2.

Таблица 2
Распределение показателей оценки по информационным контурам

Код	Экономическое содержание	Блок	Статус	Допустимое использование
F_1 (ROE_{adj})	Риск-скорректированная доходность	*F*	Банк (закрытый)	Тест; факт после верификации
F_2 (NPL_{90+})	Просрочка свыше 90 дней	*F*	Публичный	Диагностика качества портфеля
F_3 (CoR)	Стоимость кредитного риска	*F*	Банк (закрытый)	Тест; факт после верификации
F_4 (M_{priv})	Мультипликатор финансирования	*F*	Публичный	Финансовый мультипликатор
F_5 (g_{rev})	Динамика выручки	*F*	Публичный	Динамика без атрибуции
F_6 (T_{eff})	Налоговая отдача	*F*	Оператор	Тест; факт после связывания
O_1 (T_{dec})	Срок решения	*O*	Оператор	Тест; факт по журналу решений
O_2 (A_{rate})	Доля одобренных заявок	*O*	Оператор	Тест; факт по воронке
O_3 (D_{rate})	Доля дистанционных заявок	*O*	Оператор	Тест; факт по цифровому каналу
O_4 (K_{access})	Охват целевой совокупности	*O*	Публичный	Диагностика доступности
O_5 (CSI)	Удовлетворённость	*O*	Оператор	Тест; факт после опроса
S_1 (J_{effect})	Рабочие места	*S*	Публичный	Динамика без атрибуции
S_2 ($\text{Tech}_{\text{share}}$)	Технологические изменения	*S*	Оператор	Тест; факт по отчётам
S_3 ($\text{Prior}_{\text{share}}$)	Приоритетные отрасли	*S*	Публичный	Целевая структура

Код	Экономическое содержание	Блок	Статус	Допустимое использование
S_4 (SME_{net})	Чистая динамика МСП	S	Публичный	Диагностика среды

Примечание: F - финансовый, O - операционный, S - социально-экономический блок. Источник: составлено авторами на основе [3; 4; 5; 9; 10; 11].

Результаты эмпирического контура

Публичные данные ДФО используются для установления финансовых и риск-ориентированных фактов, а не для рейтинга территорий. Выдачи МСП снизились с 955,2 млрд руб. в 2023 г. до 641,1 млрд руб. в 2025 г. (на 32,9%), тогда как задолженность выросла с 647,6 до 766,7 млрд руб. Просрочка увеличилась примерно с 15,0 до 15,8 млрд руб., а её доля на 01.01.2026 приблизилась к 2,1% [6; 7]. Агрегаты не раскрывают сроки, погашения, реструктуризации и состав заёмщиков.

Второй результат - неоднородность риска: доля просрочки на 01.01.2026 варьировалась от 0,6% в Чукотском автономном округе до 5,3% в Магаданской области [6]. Это диагностический сигнал, а не рейтинг программ, поскольку публичная просрочка не тождественна программной дефолтности. Третий результат - концентрация: на Приморский и Хабаровский края и Якутию пришлось 69,4% выдач МСП ДФО и 68,3% финансирования НГС [2; 7]. В 2025 г. инструменты НГС обеспечили 50,8 млрд руб., включая 19,2 млрд руб. на инвестиционные проекты [2]; спецлимит поручительств 7,7 млрд руб. рассчитан минимум на 15,4 млрд руб. кредитов, то есть на мультипликатор 2,0 [1]. Эти данные характеризуют масштаб, но не дополнительность, качество портфеля или результаты получателей.

Открытые массивы не содержат общего идентификатора цепочки «заявка → решение → кредит → гарантия → риск → результат МСП». Эмпирически установлены динамика, риск, концентрация и масштаб гарантийной поддержки; операторско-банковского подтверждения требуют программные NPL_{90+}, CoR, ROE_{adj}, заявочная воронка, уникальные получатели, выплаты по гарантиям и результаты предприятий. Для полной системы $C_{obs} < 0{,}70$; поэтому применяется Режим III: индекс не формируется, публикуется диагностическая панель.

Кредит и гарантия фиксируются при сделке, риск - по мере созревания винтажа, а выручка, занятость и налоговая отдача - после финансового года. Без единого окна наблюдения программе можно ошибочно приписать предшествующий результат или не учесть ещё не проявившийся риск. Поэтому расширенный массив должен содержать даты событий и правила формирования когорт.

Результаты сценарного контура

Сценарная проверка выполнена для профиля P_2 - кредитования МСП под «зонтичное» поручительство. Единственная официально идентифицируемая программная опора - F_4, значение которой по параметрам спецлимита определяется формулой (6) [1]:

$$F_4 = M_{priv} = \frac{15{,}4}{7{,}7} = 2{,}0 \quad (6)$$

В профиле показатель имеет вес 0,0667, нормализованное значение 0,500 и вклад 0,0333. Публичные ряды риска, выручки, занятости и доступности характеризуют среду, но не идентифицируют P_2, поэтому остальные 14 входов заполняются только для проверки алгоритма. Наблюдаемая масса рассчитывается по формуле (7):

$$C_{obs} = w_{F_4} = 0{,}0667 \approx 0{,}067 \quad (7)$$

Ненаблюдаемая масса составляет 0,9333; механические границы около 0,033 и 0,967 охватывают почти всю шкалу. Следовательно, P_2 относится к Режиму III: фактический интегральный индекс и содержательная интервальная оценка не формируются. Сценарные результаты профиля представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчётный блок. Сценарная проверка профиля P_2

Элемент	Значение	Статус	Интерпретация
$F_4 = M_{priv}$	2,000	Фактическая опора	Параметр мобилизации
E_F	0,519	Сценарный	Финансовый блок
E_O	0,622	Сценарный	Операционный блок
E_S	0,537	Сценарный	Социально-экономический блок
E_0^{2025}	0,562	Сценарный	Исходные веса
$E^{2025,A}$	0,564	Сценарный	Адаптивные веса
C_{obs}	0,067	Фактический расчёт	Основание Режима III

Источник: рассчитано авторами; официальная основа F_4 сформирована по параметрам спецлимита «зонтичных» поручительств [1].

Сценарные блоковые результаты составили 0,519; 0,622 и 0,537, контрольный индекс - 0,562, адаптивный - 0,564. При изменении α от 0,10 до 0,30 и β от 0,25 до 0,75 расчёт оставался в пределах 0,563-0,564; при альтернативной нормализации и исключении отдельных индикаторов - 0,544-0,570, без смены категории [18]. Это подтверждает локальную устойчивость алгоритма, но не внешнюю валидность программы.

Наиболее заметные сценарные отклонения приходились на показатели F_3, O_4, O_1 и F_2. Они трактуются не как установленные недостатки программы, а как приоритеты запроса первичных данных. Исключение F_4 снижало расчёт до 0,544, исключение O_5 повышало до 0,570; различие показывает вклад входов, но не даёт оснований менять риск-аппетит, лимиты или условия кредитования.

Сопоставление контуров и границы научной интерпретации.

Полная программная оценка требует массива с идентификаторами заявки, решения, кредита, гарантии, винтажа и результата предприятия. Он позволит рассчитать NPL_{90+}, CoR, ROE_{adj}, конверсию, дополнительность гарантий и показатели получателей. Даже тогда причинный эффект на выручку, занятость, инвестиции и налоги должен устанавливаться с контрольной группой или иным контрфактическим дизайном [8; 15; 17].

Авторский порядок сохраняет исходные веса, не смешивает фактические и сценарные значения и ограничивает форму результата наблюдаемой массой. Для профиля «зонтичного» поручительства механическое смешение даёт внешне точное значение 0,564, тогда как учёт происхождения данных и наблюдаемая масса 0,067 обоснованно переводят оценку в Режим III. Тем самым гипотеза подтверждается: разделение контуров предотвращает ложную точность [16; 18].

Режим III выполняет управленческую функцию: диагностическая панель ранжирует запросы к оператору и банку по ожидаемому сокращению ненаблюдаемой массы. Для профиля P_2 получение показателей закрытого банковского контура F_1 (ROE_{adj}) и F_3 (CoR) с суммарным весом 0,1334, а также операторских $O_1 - O_3$ и O_5 с весом 0,2800 повышает C_{obs} с 0,0667 до 0,4801 и сокращает ненаблюдаемую массу с 0,9333 до 0,5199. Это существенно сужает неопределённость, но не переводит профиль в Режим II: дополнительно требуется подтвердить показатели с совокупным весом не менее 0,2199.

Заключение

Неполная наблюдаемость имеет структурную природу и обусловлена распределением данных между публичными источниками, оператором, банком и получателями. Эмпирические показатели характеризуют наблюдаемое, сценарные - проверяют метод и не заменяют факты. Полноту следует измерять наблюдаемой весовой массой, а форму результата определять режимом: точечная оценка с интервалом, интервал или диагностическая панель. При критической неполноте индекс не формируется: сценарное значение 0,564 при наблюдаемой массе 0,067 для профиля «зонтичного» поручительства не является фактической эффективностью. Полная оценка требует связанного массива «заявка - решение - кредит - гарантия - риск - результат МСП», а причинная атрибуция - контрфактического дизайна.

Литература

1. АО «Корпорация “МСП”». Более 15 млрд рублей привлечёт МСП Дальнего Востока под спецлимит «зонтичных» поручительств // Корпорация МСП : официальный сайт. — 11.02.2025. — URL: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/bolee-15-mlrd-rubley-privlechet-msp-dalnego-vostoka-pod-spetslimit-zontichnykh-poruchitelstv/ (дата обращения: 31.08.2026).
2. АО «Корпорация “МСП”». МСП Дальнего Востока привлекли более 50 млрд рублей с господдержкой с начала 2025 года // Корпорация МСП : официальный сайт. — 14.11.2025. — URL: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/msp-dalnego-vostoka-privlekli-bolee-50-mlrd-rubley-s-gospodderzhkoy-s-nachala-2025-goda/ (дата обращения: 31.08.2026).
3. АО «Корпорация “МСП”». Региональным гарантийным организациям: мониторинг деятельности РГО // Корпорация МСП : официальный сайт. — URL: https://corpmsp.ru/support/rgo/ (дата обращения: 31.08.2026).
4. Баликоев В. З., Чеботаев Н. Н. Роль банковских программ в поддержке малого и среднего бизнеса в макрорегионе Дальний Восток // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2025. — № 2. — Т. 9. — С. 69–80. — DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.02.09.009.
5. Банк России. Аналитический обзор рынка кредитования субъектов малого и среднего предпринимательства по итогам 2025 года. — Москва : Банк России, 2026. — 29 с. — URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/62046/inf_material_msp_2025.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
6. Банк России. Кредитование субъектов малого и среднего предпринимательства. № 12 (67). Декабрь 2025 года : статистический бюллетень. — Москва : Банк России, 2026. — 19 с. — URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59685/stat_bulletin_lending_25-12_67.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
7. Банк России. Объём кредитов, предоставленных субъектам малого и среднего предпринимательства, в разрезе субъектов Российской Федерации : статистическая таблица. — URL: https://www.cbr.ru/vfs/statistics/BankSector/Loans_to_corporations/01_12_F_New_loans_sme_subj.xlsx (дата обращения: 31.08.2026).
8. Бессонова Е. В., Попова С. В., Стырин К. А. Влияние программ льготного кредитования на экономические показатели малых и средних предприятий в

России. — Москва : Банк России, 2024. — 34 с. — (Доклад об экономических исследованиях; № 140). — URL: https://www.cbr.ru/statichtml/file/170476/wp_140.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
9. Малое и среднее предпринимательство в России. 2024 : статистический сборник / Росстат. — Москва : Росстат, 2024. — 97 с. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mal_pred_2024.pdf (дата обращения: 31.08.2026).
10. Федеральная налоговая служба. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства : официальный сайт. — URL: https://rmsp.nalog.ru/ (дата обращения: 31.08.2026).
11. Чеботаев Н. Н. Оптимизация мер поддержки МСП в Дальневосточном регионе: комплексный подход к оценке эффективности // Journal of Monetary Economics and Management. — 2025. — № 4. — С. 74–87. — DOI: 10.26118/2782-4586.2025.62.64.012.
12. Чеботаев Н. Н., Баликоев В. З. Оценка результативности банковской поддержки МСП в условиях структурных изменений с применением авторской методики и алгоритма «диагностика–реакция» // Финансовые рынки и банки. — 2025. — № 12. — С. 710–716. — EDN ZMRPCX.
13. Чеботаев Н. Н. Оценка эффективности внедрения новых банковских продуктов для структур малого и среднего предпринимательства // Journal of Monetary Economics and Management. — 2025. — № 5. — С. 76–88. — DOI: 10.26118/2782-4586-2025-5-76-88. — EDN NJMNZL.
14. Berger A. N., Udell G. F. The Economics of Small Business Finance: The Roles of Private Equity and Debt Markets in the Financial Growth Cycle // Journal of Banking & Finance. — 1998. — Vol. 22, iss. 6–8. — P. 613–673. — DOI: 10.1016/S0378-4266(98)00038-7.
15. Bertoni F., Colombo M. G., Quas A. Economic Impact Assessment of the COSME Loan Guarantee Facility: Evidence from Greece, Poland, Spain and Romania. — Luxembourg : EIF, 2025. — 59 p. — (Working Paper 2025/103). — URL: https://www.eif.org/news_centre/publications/eif-working-paper-2025-103.htm (accessed: 31.08.2026).
16. Manski C. F. Partial Identification of Probability Distributions. — New York : Springer, 2003. — XII, 179 p. — (Springer Series in Statistics). — DOI: 10.1007/b97478.
17. OECD. Framework for the Evaluation of SME and Entrepreneurship Policies and Programmes 2023. — Paris : OECD Publishing, 2023. — 174 p. — (OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship). — DOI: 10.1787/a4c818d1-en.
18. OECD, European Union, European Commission, Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. — Paris : OECD Publishing, 2008. — 162 p. — DOI: 10.1787/9789264043466-en.
19. Stiglitz J. E., Weiss A. Credit Rationing in Markets with Imperfect Information // The American Economic Review. — 1981. — Vol. 71, № 3. — P. 393–410. — URL: https://www.jstor.org/stable/1802787 (дата обращения: 31.08.2026).
20. World Bank, FIRST Initiative. Principles for Public Credit Guarantee Schemes for SMEs. — Washington, DC : World Bank, 2015. — URL: https://hdl.handle.net/10986/23329 (accessed: 31.08.2026).

Assessing the effectiveness of bank programmes for smes under partial data observability: empirical and scenario frameworks

Balikoev V.Z., Chebotaev N.N.
Novosibirsk State University of Economics and Management (NSUEM)

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The study develops a regime-dependent procedure for assessing the effectiveness of bank programmes for SMEs under structurally incomplete data. The method combines normalisation, weighted aggregation, assessment of data provenance and evidential strength, partial identification, and sensitivity analysis. Observed weight mass determines the admissible result: a point estimate with an interval, an interval estimate, or a diagnostic panel. Testing 15 indicators showed that seven have open observations, six require operator data, and two belong to the bank's closed framework. For the umbrella-guarantee profile, the scenario value of 0.564 confirms computational consistency but, at an observed mass of 0.067, is not actual programme effectiveness. Refusing to construct an index under critical incompleteness prevents false precision and prioritises data requests.

Keywords: bank programmes for SMEs, incomplete data observability, regime-dependent assessment, observed weight mass, empirical framework, scenario framework, partial identification.

References

1. JSC Russian Small and Medium Business Corporation. More than RUB 15 billion will be raised by SMEs in the Russian Far East under a special limit of umbrella guarantees. MSP Corporation: official website. 11 February 2025. Available at: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/bolee-15-mlrd-rubley-privlechet-msp-dalnego-vostoka-pod-spetslimit-zontichnykh-poruchitelstv/ (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
2. JSC Russian Small and Medium Business Corporation. SMEs in the Russian Far East have raised more than RUB 50 billion with government support since the beginning of 2025. MSP Corporation: official website. 14 November 2025. Available at: https://corpmsp.ru/about/press/news/novosti-korporatsii/msp-dalnego-vostoka-privlekli-bolee-50-mlrd-rubley-s-gospodderzhkoy-s-nachala-2025-goda/ (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
3. JSC Russian Small and Medium Business Corporation. For regional guarantee organisations: monitoring the activities of regional guarantee organisations. MSP Corporation: official website. Available at: https://corpmsp.ru/support/rgo/ (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
4. Balikoev V. Z., Chebotaev N. N. The role of banking programmes in supporting small and medium-sized businesses in the Russian Far East macroregion. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and Management: Problems and Solutions]. 2025, no. 2, vol. 9, pp. 69-80. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.02.09.009. (In Russ.)
5. Bank of Russia. Analytical review of the lending market for small and medium-sized enterprises based on the results of 2025. Moscow, Bank of Russia, 2026. 29 p. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/62046/inf_material_msp_2025.pdf (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
6. Bank of Russia. Lending to small and medium-sized enterprises. No. 12 (67), December 2025: statistical bulletin. Moscow, Bank of Russia, 2026. 19 p. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59685/stat_bulletin_lending_25-12_67.pdf (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
7. Bank of Russia. Volume of loans granted to small and medium-sized enterprises by constituent entity of the Russian Federation: statistical table. Available at: https://www.cbr.ru/vfs/statistics/BankSector/Loans_to_corporations/01_12_F_New_loans_sme_subj.xlsx (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
8. Bessonova E. V., Popova S. V., Styrin K. A. The impact of subsidised lending programmes on the economic performance of small and medium-sized enterprises in Russia. Moscow, Bank of Russia, 2024. 34 p. Working Paper Series, no. 140. Available at: https://www.cbr.ru/statichtml/file/170476/wp_140.pdf (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
9. Small and medium-sized entrepreneurship in Russia. 2024: statistical handbook. Rosstat. Moscow, Rosstat, 2024. 97 p. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mal_pred_2024.pdf (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
10. Federal Tax Service. Unified Register of Small and Medium-Sized Enterprises: official website. Available at: https://rmsp.nalog.ru/ (accessed: 31.08.2026). (In Russ.)
11. Chebotaev N. N. Optimising SME support measures in the Russian Far East: an integrated approach to effectiveness assessment. Journal of Monetary Economics and Management. 2025, no. 4, pp. 74-87. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.62.64.012. (In Russ.)
12. Chebotaev N. N., Balikoev V. Z. Evaluating the performance of banking support for SMEs under structural change using the authors' method and the diagnosis-response algorithm. Finansovye rynki i banki [Financial Markets and Banks]. 2025, no. 12, pp. 710-716. EDN ZMRPCX. (In Russ.)
13. Chebotaev N. N. Assessing the effectiveness of introducing new banking products for small and medium-sized enterprises. Journal of Monetary Economics and Management. 2025, no. 5, pp. 76-88. DOI: 10.26118/2782-4586-2025-5-76-88. EDN NJMNZL. (In Russ.)
14. Berger A. N., Udell G. F. The Economics of Small Business Finance: The Roles of Private Equity and Debt Markets in the Financial Growth Cycle. Journal of Banking & Finance. 1998, vol. 22, iss. 6-8, pp. 613-673. DOI: 10.1016/S0378-4266(98)00038-7.
15. Bertoni F., Colombo M. G., Quas A. Economic Impact Assessment of the COSME Loan Guarantee Facility: Evidence from Greece, Poland, Spain and Romania. Luxembourg, EIF, 2025. 59 p. Working Paper 2025/103. Available at: https://www.eif.org/news_centre/publications/eif-working-paper-2025-103.htm (accessed: 31.08.2026).
16. Manski C. F. Partial Identification of Probability Distributions. New York, Springer, 2003. XII, 179 p. Springer Series in Statistics. DOI: 10.1007/b97478.
17. OECD. Framework for the Evaluation of SME and Entrepreneurship Policies and Programmes 2023. Paris, OECD Publishing, 2023. 174 p. OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship. DOI: 10.1787/a4c818d1-en.
18. OECD, European Union, European Commission, Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris, OECD Publishing, 2008. 162 p. DOI: 10.1787/9789264043466-en.
19. Stiglitz J. E., Weiss A. Credit Rationing in Markets with Imperfect Information. The American Economic Review. 1981, vol. 71, no. 3, pp. 393-410. Available at: https://www.jstor.org/stable/1802787 (accessed: 31.08.2026).
20. World Bank, FIRST Initiative. Principles for Public Credit Guarantee Schemes for SMEs. Washington, DC, World Bank, 2015. Available at: https://hdl.handle.net/10986/23329 (accessed: 31.08.2026).

От ценового детерминизма к управлению валютной резистентностью: стохастическое моделирование курса рубля до 2030 года и модификация бюджетного правила

Башков Дмитрий Юрьевич
аспирант кафедры мировой экономики и мировых финансов, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, dbashkovyu@yandex.ru

Трансформация мирового энергетического рынка и обусловленная санкционным давлением фрагментация международных расчетов лишили традиционные методы прогнозирования валютного курса предсказательной силы: линейная экстраполяция от нефтяных бенчмарков перестает описывать динамику рубля после того, как санкционный дисконт устойчиво превышает критический порог. В работе предложен и реализован инструментарий стохастического сценарного прогнозирования, в котором стохастическое ядро встроено в регрессионное уравнение с эластичностями, полученными в рамках моделирования с переменными во времени параметрами. На горизонте до 2030 года методом Монте-Карло (10 000 итераций) построен веерный прогноз курса USD/RUB и количественно очерчены границы коридора макроэкономической стабильности. Установлено, что медианная траектория тяготеет к стабилизации на уровне 108,2 руб./долл. при 90-процентном доверительном интервале 98,5–118,4 руб., а сценарий взрывной девальвации статистически исключается за счет действия эндогенного регуляторного демпфера. На основе полученных оценок обоснована необходимость модификации бюджетного правила: переход от ценового детерминизма, привязанного к котировкам Brent, к динамическому таргетированию объема чистой валютной выручки с использованием выявленного порога дисконта в качестве встроенного триггера. Практическая значимость работы состоит в предоставлении количественного инструментария для настройки параметров макроэкономического регулирования в условиях дезинтеграции глобальных расчетных контуров.

Ключевые слова: валютный курс, стохастическое моделирование, метод Монте-Карло, бюджетное правило, санкционный дисконт, валютная резистентность, геоэкономическая фрагментация.

Статья подготовлена по результатам выполнения научно-исследовательской работы в рамках государственного задания Финансового университета при Правительстве Российской Федерации на 2026 г.

Введение

Структурный разлом 2022 года перестроил логику курсообразования в российской экономике. До его наступления обменный курс рубля поддавался описанию через привычную сырьевую детерминанту: котировки эталонных сортов нефти выступали базовым регулятором, а отклонения объяснялись монетарными и конъюнктурными факторами. Эмпирическая проверка этой связи на массиве 2011–2021 годов, проведенная в предшествующих работах, подтверждала высокую корреляцию динамики рубля с нефтяными ценами и сопоставимый по силе отклик ряда других валют стран-экспортеров [1; 2].

Тем не менее, введение санкционных ограничений, переориентация экспортных потоков на восточное направление и вытеснение доллара из расчетной инфраструктуры обнулили предсказательную ценность этой модели: к 2025 году корреляция между рублем и нефтью марки Brent деградировала до околонулевых значений, а курсовая волатильность стала определяться преимущественно графиком налоговых выплат и параметрами репатриации валютной выручки.

В этих условиях прогнозный аппарат, опирающийся на линейную экстраполяцию мировых бенчмарков, оказывается методологически несостоятельным. Качественные сценарные построения, описывающие архитектуру рынка через пересечение технологических и геополитических осей неопределенности, очерчивают пространство возможных траекторий, но не дают количественной оценки ни наиболее вероятного исхода, ни вероятности экстремальных отклонений. Между тем именно такая оценка требуется органам макроэкономического регулирования для калибровки бюджетного правила и инструментов управления ликвидностью [3].

Цель настоящей работы состоит в построении и анализе вероятностной модели дрейфа курса рубля на горизонте до 2030 года и в обосновании вытекающих из нее направлений модификации бюджетного правила. Для ее достижения решаются следующие задачи

специфицировать прогнозное уравнение, интегрирующее накопленную инерционность системы и эластичности, полученные при моделировании с переменными во времени параметрами;

реализовать имитационное моделирование методом Монте-Карло и построить веерный прогноз курса с разграничением зоны устойчивого дрейфа и хвостовых рисков;

количественно определить границы коридора макроэкономической стабильности и вероятность девальвационных сценариев;

сформулировать принципы перехода бюджетного правила от ценового детерминизма к управлению валютной резистентностью.

Научная новизна работы носит двойственный характер. Во-первых, впервые применительно к посткризисной российской валютной системе математически очерчены границы коридора курсовой устойчивости и количественно оценена вероятность экстремальных девальваций при резонансном расширении санкционных дисконтов. Во-вторых, обоснован переход бюджетного правила от привязки к мировым ценовым индикаторам, утратившим связь с реальными параметрами платежного баланса, к динамическому таргетированию объема фактически поступающей валютной выручки.

Обзор литературы

Взаимосвязь нефтяных цен и валютных курсов остается одной из наиболее разработанных тем в литературе по международным финансам. Классические исследования фиксируют устойчивую, хотя и нелинейную зависимость курсов валют стран-экспортеров от энергетической конъюнктуры, причем знак и сила связи определяются тем, какой именно шок – спроса или предложения – лежит в основе ценового движения [7; 9]. Для российской экономики эта зависимость традиционно описывалась как доминирующая: работы отечественной школы указывали на резкую реакцию курса рубля и фондовых индикаторов на изменения нефтяных котировок, отводя нефтяному фактору ведущую роль среди макроэкономических детерминант [4; 5].

Вместе с тем накапливающийся массив свидетельств о геоэкономической фрагментации заставляет пересмотреть устойчивость этой зависимости. Исследования последних лет фиксируют формирование обособленных расчетных контуров, рост роли альтернативных резервных активов и постепенное вытеснение доллара из инфраструктуры трансграничных платежей [6; 8].

В описанной логике ценовой сигнал мировых сырьевых хабов перестает транслироваться в национальную финансовую систему через привычные каналы, а его место занимают объемные параметры – фактические потоки валютной выручки и кросс-курсовая динамика валют дружественных стран. Предшествующие работы авторского коллектива показали, что переход системы в этот режим происходит не плавно, а скачкообразно, по достижении

критического порога санкционного дисконта, за которым традиционная модель сырьевой детерминации курса теряет применимость.

Методический инструментарий прогнозирования валютных курсов в условиях подобной нестационарности требует отказа от моделей с постоянными коэффициентами. Применение моделей в пространстве состояний с переменными во времени параметрами позволяет декомпозировать процесс «угасания» нефтяного фактора и одновременного «восхождения» альтернативных якорей в режиме реального времени. Для перевода полученных оценок в плоскость долгосрочного прогноза естественным выбором служит стохастическое имитационное моделирование: метод Монте-Карло, реализованный поверх геометрического броуновского движения экзогенных переменных, дает не единственную траекторию, а полное распределение вероятностных исходов, что принципиально важно для оценки хвостовых рисков, не улавливаемых детерминированными методами.

Данные и методология

Эмпирической базой исследования послужили еженедельные данные о динамике курса USD/RUB, котировках нефти сортов Brent и Urals, кросс-курсе китайского юаня к рублю и объемах чистых продаж валюты экспортерами за период, охватывающий фазу структурной трансформации 2022–2025 годов. Источниками выступили статистика национальных и международных профильных ведомств, данные товарно-сырьевых и валютных бирж. Параметры волатильности, используемые в имитационной модели, откалиброваны по этому же периоду, что обеспечивает содержательную связь между фактически наблюдавшейся нестационарностью и проецируемой вперед неопределенностью.

Прогнозное уравнение специфицировано как динамическая система, объединяющая авторегрессионную компоненту и вектор внешних драйверов с фиксированными коэффициентами эластичности, полученными на завершающем этапе моделирования с переменными во времени параметрами:

$$y_{t+h} = \gamma \times y_{t+h-1} + \alpha + \beta_1 \times P_{Brent} + \beta_2 \times e_{CNY/RUB} + \beta_3 \times V_{Sales} + \varepsilon_{t+h}, (1)$$

где y_{t+h} – прогнозируемое значение курса на горизонте h;

γ – коэффициент авторегрессии, задающий инерционность системы;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – оценки чувствительности курса к ценам на нефть, кросс-курсу юаня и объемам валютных продаж;

ε_{t+h} – стохастический шок, генерируемый на каждой итерации.

Ключевая особенность параметризации состоит в том, что итоговый вектор эластичностей отражает уже завершившуюся перестройку системы. На конец расчетного периода доминирующий вес приобретает кросс-курс юаня ($\beta \approx 4{,}08$), демпфирующую функцию выполняет регуляторный инструмент управления валютными продажами ($\beta \approx -0{,}59$), тогда как чувствительность к нефти Brent оказывается статистически неотличимой от нуля ($\beta \approx -0{,}01$) – нефтяной фактор фактически исключен из уравнения. Это не математическое допущение, а воспроизведение структурной реальности: модель инерционно устойчива к колебаниям мировых сырьевых рынков потому, что к ним нечувствительна сама система.

Стохастическая компонента встроена в уравнение через диффузионный член, уровень которого извлекается из ковариационной матрицы ошибок фильтра Калмана; тем самым в прогноз транслируется нестационарность, накопленная за 2022–2025 годы, и модель не вырождается в линейную экстраполяцию. Отправной точкой для всех 10 000 независимых имитационных циклов служит фактическое среднее значение курса за 2025 год – 82,1 руб./долл. Ранжирование полученного массива по квантилям P5, P25, P50, P75 и P95 формирует прогностический веер, расширяющийся по мере удаления от точки отсчета. Разграничителем режимов эффективной и деформированной трансмиссии ценовых сигналов выступает выявленный ранее критический порог санкционного дисконта в 7,26 долл./барр.: устойчивое превышение этого спреда фиксирует переход системы в режим автономного курсообразования.

Сценарная параметризация

Ни один из сценарных параметров не задается детерминированной константой – каждый определяет математическое ожидание соответствующего процесса геометрического броуновского движения, откалиброванного по волатильности 2022–2025 годов. Базовый сценарий служит центром стохастического расширения, тогда как оптимистический и стрессовый варианты задействованы для проверки устойчивости системы в крайних точках распределения (квантили P5 и P95). Параметризация трех сценариев сведена в таблице 1.

Содержательно сценарии описывают качественно разные конфигурации внешней среды. В базовом сценарии структурный разлом сохраняется, дисконт Urals к Brent удерживается в диапазоне 10–12 долл./барр. – выше критического порога, – и курс продолжает определяться юаневой логикой: его траектория зависит от инфляционного таргетирования в Китае и объемов валютных продаж экспортеров, но не от мировых нефтяных котировок. В оптимистическом сценарии санкционное давление ослабевает, логистика дешевеет, дисконт сжимается ниже 7,26 долл./барр., за этим порогом частично оживает связь курса с глобальными эталонами, а потребность в жестком валютном контроле снижается. Стрессовый сценарий складывается из двух одновременных ударов: нефть проваливается ниже 50 долл./барр., дисконт уходит за 25 долл./барр., дефицит ликвидности в дружественных валютах становится острым, и система удерживается от неуправляемого падения исключительно за счет регуляторного демпфера.

Таблица 1

Параметризация сценарных условий развития валютной системы на горизонте до 2030 года

Параметр / Сценарий	Базовый	Оптимистический	Стрессовый
Цена нефти Brent, долл./барр.	75,0	90,0	45,0
Дисконт Urals, долл./барр.	11,0	6,5	28,0
Тренд курса юаня (дрейф), %	+3,5	+1,0	+8,0
Объем продаж валюты, млрд долл.	10,5	8,0	14,5
Вероятность реализации, %	55	20	25

Источник: составлено авторами.

Результаты

Результаты имитационного моделирования представлены в виде прогностического веера на рисунке 1. Медианный вектор (P50) фиксирует наиболее вероятную траекторию, при которой к завершению 2030 года курс тяготеет к стабилизации на уровне 108,2 руб./долл. Плотность распределения в границах 90-процентного доверительного интервала (98,5–118,4 руб.) свидетельствует о высокой степени институциональной резистентности системы: несмотря на естественный рост стохастической неопределенности к концу десятилетия, границы волатильности остаются в пределах коридора макроэкономической безопасности.

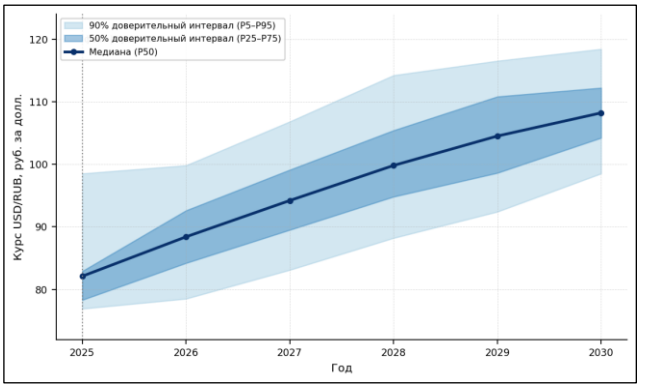


Рисунок 1 – Веерный прогноз курса USD/RUB в симуляции Монте-Карло (10 000 итераций)

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Вероятностный прогноз динамики курса USD/RUB и параметры резистентности системы

Год	Статус данных	Медиана (P50), руб.	Интервал 50% (P25–P75)	Интервал 90% (P5–P95)
2025	Факт	82,1	78,3 – 82,9	76,9 – 98,5
2026	Прогноз	88,4	84,2 – 92,6	78,5 – 99,8
2027	Прогноз	94,2	89,5 – 99,1	83,1 – 106,8
2028	Прогноз	99,8	94,8 – 105,4	88,2 – 114,2
2029	Прогноз	104,5	98,6 – 110,8	92,4 – 116,5
2030	Целевой горизонт	108,2	104,2 – 112,2	98,5 – 118,4

Источник: составлено авторами.

Узость межквартильного коридора – 104,2–112,2 руб. в 50-процентной зоне вероятности – на первый взгляд контрастирует с интуитивным ожиданием высокой неопределенности на семилетнем горизонте. За этой цифрой стоит, однако, не случайность, а архитектурное свойство системы: эндогенный стабилизирующий механизм гасит случайные колебания внутри контура, не позволяя внешней неопределенности выплескиваться в курсовую волатильность. Расширение веера до 98,5–118,4 руб. в границах 90-процентного интервала отражает факторы, не поддающиеся институциональному устранению, – геоэкономическую фрагментацию и операционную непредсказуемость новых расчетных контуров. Распределение слегка скошено вправо, и это говорит о том, что давление в сторону ослабления рубля сохраняется: ослабление по-прежнему вероятнее укрепления. Но даже в худших вариантах нижняя граница интервала не доходит до трёхзначных отметок, поэтому неуправляемую девальвацию модель среди реалистичных исходов не выделяет. Как меняются квантильные оценки по годам, показано в таблице 2.

Обсуждение результатов

Полученное распределение показывает, что система перешла к иной модели устойчивости. Мировые цены на сырьё больше не управляют курсом — эту роль взяли на себя юань как основной расчётный ориентир и регуляторный демпфер, работающие в связке. Устойчивость здесь держится на двух

опорах: на ведущей роли юаня в качестве курсового якоря и на том, что регуляторный демпфер реально работает. Пока обе опоры сохраняются, предсказуемость курса остаётся не предположением, а величиной, которую можно измерить.

Ключевым источником системного риска выступает потенциальное совпадение двух деструктивных процессов: превышения порогового значения дисконта в 7,26 долл./барр. и циклической нехватки ликвидности в сегменте дружественных валют. При подобном стечении обстоятельств традиционный канал трансмиссии мировых энергетических цен оказывается окончательно перекрыт, а курсовая динамика начинает определяться исключительно локальным балансом спроса и предложения в юаневом расчетном контуре. Хвостовые риски, выявленные в правосторонней области распределения P95, подтверждают: в периоды экстремальной волатильности регуляторный демпфер превращается в безальтернативный инструмент макроэкономической стабилизации.

Способность системы купировать резонансные эффекты подобного рода, не соскальзывая в сценарий взрывной девальвации, служит финальным эмпирическим аргументом в пользу гипотезы об институциональной резистентности новой валютной архитектуры. Иными словами, устойчивость рубля достигается не пассивным ожиданием благоприятной конъюнктуры, а целенаправленным управлением параметрами ликвидности в рамках выстроенного адаптационного контура.

Верифицированные параметры модели и доказанная действенность регуляторного вмешательства позволяют сформулировать конкретные направления модификации валютной политики. Исходный тезис состоит в том, что деградация сигнальной функции мировых бенчмарков делает модель ценового детерминизма методологически устаревшей. Бюджетное правило в его нынешней форме представляет собой пассивный регистратор Сегодняшнее бюджетное правило, по сути, лишь регистрирует колебания мировых цен, хотя сами эти цены давно оторвались от реальных показателей российского платёжного баланса. Предлагаемая правка меняет назначение инструмента. Вместо привязки к нестабильному внешнему рынку правило начинает балансировать платёжный спрос внутри новых расчётных контуров – и тем самым из пассивного индикатора превращается в рабочий механизм управления валютной резистентностью, гасящий процикличность. Как устроена эта перестройка, показано на рисунке 2.

Первый и наиболее критичный контур адаптации затрагивает логику индикаторов отсечения. Вместо внешних долларовых цен предлагается имплементация системы взвешенных индикаторов, учитывающих реальную структуру экспортных контрактов, то есть переход к таргетированию объёма чистой валютной выручки, фактически поступившей в контур национальной банковской системы.

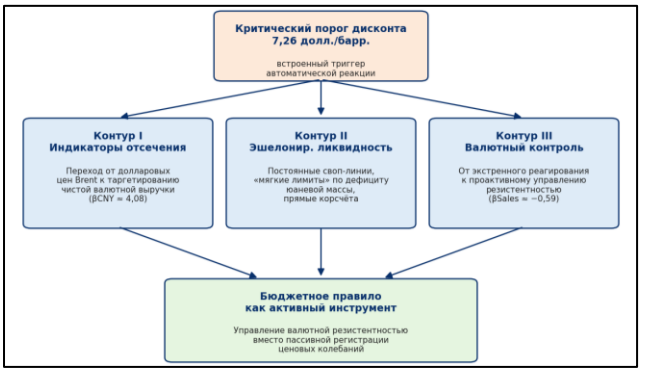


Рисунок 2 – Контуры адаптации бюджетного правила к режиму автономного курсообразования
Источник: составлено авторами.

Такой подход элиминирует риск «бумажных» сверхдоходов, возникающих при высоких мировых ценах, но заблокированных институциональными барьерами или санкционными дисконтами. Выявленный критический порог дисконта при этом становится встроенным триггером правила: при его достижении чувствительность бюджетных поступлений к глобальной конъюнктуре резко падает, и система обязана реагировать автоматически – ужесточая режим стерилизации избыточной ликвидности либо оперативно задействуя резервы для поддержания баланса в дружественных валютных сегментах, поскольку ручное управление в этой точке запаздывает по определению.

Второй контур отвечает за смежную задачу – чтобы расчёты не прерывались в условиях, когда основным становится юань. Опирается он на ту же высокую эластичность курса по юаню: значимость этого коэффициента означает, что юань уже стал якорем финансовой стабильности, и институциональную среду логично выстраивать именно вокруг него. Если прежде устойчивость обеспечивалась избыточной ликвидностью в твердых валютах, то в новой архитектуре основным риском становятся технические дефициты и узкие места в сегменте дружественных расчетных контуров.

Соответственно, требуется формирование эшелонированной системы обеспечения ликвидности: трансформация временных своп-линий в постоянно действующую инфраструктуру и развитие внутреннего межбанковского рынка свопов; замещение традиционных валютных коридоров операционным таргетированием объемов доступной юаневой массы с внедрением системы «мягких лимитов», при которых регулятор вступает в игру не при достижении определенного уровня курса, а при появлении признаков дефицита предложения ликвидности; развитие прямых корреспондентских отношений между банками в обход глобальных клиринговых центров, снижающее премию за риск фрагментации, заложенную в курс.

Третий контур направлен на трансформацию валютного контроля из инструмента экстренного реагирования в механизм проактивного управления резистентностью. В совокупности институционализация трех контуров превращает валютную систему из пассивно адаптирующейся в активно управляемую структуру, создавая запас прочности, который, согласно результатам моделирования, проявляется в сужении конуса неопределенности при стабилизации расчетных каналов.

Заключение

Проведенное исследование показало, что в условиях геоэкономической фрагментации прогнозирование курса рубля требует отказа от линейной экстраполяции мировых бенчмарков в пользу стохастического инструментария, учитывающего перестройку трансмиссионного механизма. Построенная методом Монте-Карло имитационная модель позволила количественно очертить границы коридора макроэкономической стабильности на горизонте до 2030 года: медианная траектория тяготеет к уровню 108,2 руб./долл. при 90-процентном интервале 98,5–118,4 руб., а сценарий взрывной девальвации статистически исключается благодаря действию эндогенного регуляторного демпфера. Тем самым подтверждена гипотеза об институциональной резистентности новой валютной архитектуры, опирающейся на юань как курсовой якорь и на активное управление ликвидностью.

Практическим следствием полученных оценок выступает обоснование модификации бюджетного правила: переход от ценового детерминизма к динамическому таргетированию объема чистой валютной выручки с использованием критического порога дисконта в качестве встроенного триггера. Ограничения работы связаны с зависимостью результатов от устойчивости двух структурных параметров – доминирования юаня и действенности регуляторного демпфера; при их изменении конфигурация коридора стабильности подлежит перекалибровке. Перспективы дальнейших исследований видятся в расширении пространства неопределенности за счет включения дополнительных осей – прежде всего параметров инфляционной динамики стран-партнеров – и в верификации устойчивости предложенной модели на удлиненном прогнозном горизонте.

Литература

1. Башков Д.Ю. Взаимосвязь мировых финансовых рынков с нефтяным товарным рынком // Экономика строительства. 2024. № 7. С. 16–20.
2. Башков Д.Ю., Пищик В.Я. Взаимосвязь котировок мирового рынка нефти и привлекательности фондового рынка стран-экспортеров и импортеров // Мировая экономика и мировые финансы. 2025. Т. 4. № 1. С. 15–22.
3. Башков Д.Ю. Мировой нефтяной рынок в точке бифуркации: столкновение технологических и геополитических трендов // Дискуссия. 2025. № 11 (144). С. 177–186.
4. Михайлов А.Ю., Бураков В.Ю., Диденко В.Ю. Взаимосвязь цен на нефть и макроэкономических показателей в России // Финансы: теория и практика. 2019. Т. 23. № 2 (110). С. 105–116.
5. Федорова Е.А., Панкратов К.А. Влияние макроэкономических факторов на фондовый рынок России // Проблемы прогнозирования. 2010. № 2 (119). С. 78–83.
6. Aiyar S. et al. Geo-economic fragmentation and the future of multilateralism // IMF Staff Discussion Note. 2023. No. 001. P. 1–44.
7. Beckmann J., Czudaj R.L., Arora V. The relationship between oil prices and exchange rates: A reexamination of theory and evidence // Energy Economics. 2020. Vol. 88. P. 104772.
8. Cipriani M., Lotti G. Financial sanctions, SWIFT, and the architecture of the international payment system // Journal of Economic Perspectives. 2023. Vol. 37. No. 1. P. 31–52.
9. Cunado J., Cepni O., Gupta R. Oil price shocks and the connectedness of US state-level financial markets // Energy Economics. 2024. Vol. 42. P. 365–377.
10. Glocker C. Energy price surges and inflation: Fiscal policy to the rescue // Journal of International Money and Finance. 2024. Vol. 149. P. 1–20.

From price determinism to currency resistance management: stochastic modeling of the ruble exchange rate until 2030 and modification of the budget rule

Bashkov D.Yu.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The transformation of the global energy market and the fragmentation of international settlements driven by sanctions pressure have deprived conventional exchange rate forecasting methods of their predictive power: linear extrapolation from oil benchmarks ceases to describe the rouble dynamics once the sanctions discount persistently exceeds a critical threshold. This paper proposes and implements a stochastic scenario forecasting toolkit in which a stochastic core is embedded into a regression equation with elasticities obtained from time-varying parameter modelling. A Monte Carlo fan forecast of the USD/RUB rate is constructed over the horizon to 2030 (10,000 iterations), and the

boundaries of the macroeconomic stability corridor are quantified. The median trajectory tends to stabilise at 108.2 RUB/USD with a 90% confidence interval of 98.5–118.4 RUB, while a scenario of explosive devaluation is statistically ruled out owing to the endogenous regulatory damper. Building on these estimates, the paper substantiates the need to modify the fiscal rule: a transition from price determinism anchored to Brent quotations towards dynamic targeting of net foreign exchange proceeds, using the identified discount threshold as a built-in trigger.
Keywords: exchange rate, stochastic modelling, Monte Carlo method, fiscal rule, sanctions discount, currency resilience, geo-economic fragmentation.

References

1. Aiyar S. et al. Geo-economic fragmentation and the future of multilateralism. IMF Staff Discussion Note, 2023, no. 001, pp. 1–44.
2. Bashkov D.Yu. Interrelation of global financial markets with the oil commodity trading. Ekonomika stroitelstva, 2024, no. 7, pp. 16–20. (In Russian)
3. Bashkov D.Yu. The global oil market at a bifurcation point: the convergence of technological and geopolitical trends. Diskussiya, 2025, no. 11 (144), pp. 177–186. (In Russian)
4. Bashkov D.Yu., Pischik V.Ya. Relationship between global oil market quotations and stock market attractiveness of oil exporting and importing countries. World Economy and World Finance, 2025, vol. 4, no. 1, pp. 15–22. (In Russian)
5. Beckmann J., Czudaj R.L., Arora V. The relationship between oil prices and exchange rates: A reexamination of theory and evidence. Energy Economics, 2020, vol. 88, p. 104772.
6. Cipriani M., Lotti G. Financial sanctions, SWIFT, and the architecture of the international payment system. Journal of Economic Perspectives, 2023, vol. 37, no. 1, pp. 31–52.
7. Cunado J., Cepni O., Gupta R. Oil price shocks and the connectedness of US state-level financial markets. Energy Economics, 2024, vol. 42, pp. 365–377.
8. Fedorova E.A., Pankratov K.A. The influence of macroeconomic factors on the Russian stock market. Studies on Russian Economic Development, 2010, no. 2 (119), pp. 78–83. (In Russian)
9. Glocker C. Energy price surges and inflation: Fiscal policy to the rescue. Journal of International Money and Finance, 2024, vol. 149, pp. 1–20.
10. Mikhailov A.Yu., Burakov D.V., Didenko V.Yu. Relationship between oil price and macroeconomic indicators in Russia. Finance: Theory and Practice, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 105–116. (In Russian).

Оценка риска денежных потоков (CFaR) ПАО «Лукойл» на основе регрессионного анализа

Гарунов Нурмагомед Алиханович
аспирант, базовая кафедра цифровой экономики института развития информационного общества, Российский экономический университет им Г. В. Плеханова, ngarunov@inbox.ru

В статье рассмотрен метод оценки риска денежных потоков (Cash Flow at Risk, CFaR) для компаний сырьевого сектора на примере компании ПАО «Лукойл». Предложен поэтапный алгоритм, адаптированный к специфике российской действительности, так как она накладывает значительный отпечаток на функционирование крупных компаний и всей экономической ситуации в стране в целом [4].

Предлагаемый подход предполагает выявление ключевых факторов риска, построение регрессионной модели для анализа чувствительности денежных потоков к данным факторам и вычисление итоговой величины CFaR. Использование t-распределения Стьюдента при моделировании нефтяных цен и валютных курсов даёт возможность принять во внимание вероятность экстремальных исходов. Апробация на данных ПАО «Лукойл» показала, что EBITDA наиболее чувствителен к колебаниям нефтяных цен, курсов валют и инфляции. Подтверждена важность учета взаимосвязей между риск-факторами для повышения достоверности оценки CFaR. Полученные оценки CFaR предоставляют менеджменту измеримую структуру для принятия решений по хеджированию, формированию резервов и оптимизации структуры капитала [1, 2, 3].

Ключевые слова: CFaR, регрессионный анализ, риск-менеджмент, ПАО «Лукойл», сырьевой сектор, EBITDA.

Так как геополитическая нестабильность и макроэкономическая волатильность стремительно растут, оценка и управление рисками становится особенно важной задачей для всех компаний, в особенности, корпораций [6, 7]. Это касается также сырьевых организаций, к которым относится и ПАО «Лукойл».

В этом случае, ведение экономической деятельности невозможно без международного сотрудничества. Следовательно, любые колебания курса приводят к негативному эффекту. Для подобных организаций традиционные меры предсказания риска по типу VaR могут оказаться недостаточными, так как они фокусируются на стоимости портфеля, а не на таком важном показателе, как стабильность денежных потоков [4].

В настоящем исследовании рассматривается методология расчета CFaR – показателя, который позволяет оценить потенциальные неблагоприятные отклонения денежных потоков. Это делается с помощью регрессионного анализа при помощи метода Монте-Карло. Методика выстроена с учетом российской действительности и учитывает особенности компаний сырьевого сектора, что показывает апробация на ПАО «Лукойл» [5].

Целью данной статьи является разработка и практическая реализация последовательного алгоритма CFaR, который бы позволял количественно оценить подверженность денежных потоков компании макроэкономическим и рыночным факторам риска. Анализ строится на реализации шести ключевых этапов, начиная с идентификации основных факторов риска и заканчивая расчетом итогового показателя CFaR.

Теоретические основы методологии CFaR и регрессионного анализа в риск-менеджменте

Концепция Cash Flow at Risk представляет собой максимальное потенциальное снижение денежного потока (зачастую операционного) организации за конкретный период времени с определенным уровнем доверия, что объясняется неблагоприятным изменением рыночных и макроэкономических факторов [9, 15]. В отличии от Value at Risk, который фокусируется на рынке стоимости активов, CFaR ориентирован на риск ликвидности и платежеспособности компании, что особо значимо для корпоративного риск-менеджмента и принятия стратегических решений, так как вероятность наступления неблагоприятного события здесь очень значительна [6, 10].

Методология CFaR позволяет ответить на вопрос: «Какой максимальный объем потерь денежных средств, которые компания способна выдержать за определенное время с некоторой вероятностью»? Например, CFaR в размере 100 млн руб. с уровнем доверия 95% означает, что в 95% случаев снижение денежного потока не превысит 100 млн руб., или, с вероятностью 5% снижение денежного потока будет более 100 млн руб. Данный показатель важен для того, чтобы осуществить планирование бюджета, поиска конкретных значений объемов ликвидности, разработки стратегии хеджирования и оценки способности компании финансировать проекты для инвестиций и выплачивать дивиденды.

Регрессионный анализ как инструмент для оценки чувствительности

Регрессионный анализ является одним из основных статистических методов, который применяют для поиска взаимосвязей между зависимой переменной (в данной случае, денежным потоком или его прокси, например, EBITDA) и одной или несколькими независимыми переменными (факторами риска) [5]. При расчете CFaR регрессионная модель позволяет оценить, насколько денежные потоки компании зависят от колебаний основных макроэкономических и рыночных факторов.

Основная идея заключается в построении уравнения вида:

$CF_t = B_0 + B_1X_{1,t} + B_2X_{2,t} + \ldots + B_kX_{k,t} + \varepsilon_t$

где: CF_t – денежный поток (или его изменение) в период t; $X_{1,t}$ – i-й фактор риска в период t; B_1 – коэффициент регрессии, показывающий, на сколько изменится CF_t, при изменении $X_{k,t}$ на единицу, при прочих равных условиях; ε_t – случайная ошибка, отражающая влияние неучтённых факторов.

Преимуществом регрессионного метода является его способность выделить наиболее значимые факторы риска и оценить их влияние в количестве, что можно использовать для того, чтобы обеспечить формирование эффективной стратегии хеджирования.

Модель формируется за счёт опоры на изменения переменных, чтобы обеспечить неизменность временных рядов и, при этом, не допустить появления признаков ложной регрессии.

Применение метода Монте-Карло для моделирования стохастического типа

Данный метод часто используют, в финансовой сфере для того, чтобы уделить внимание оценке рисков за счет генерации значительного числа сценариев и при этом обратить внимание на вероятность наступления случайного события [15].

Если рассматривать CFaR, то здесь надо обращать внимание на особые факторы риска, например, на падение цен на нефть, разницу курса валют, а также степень инфляции. У данного метода в контексте оценки финансовой

системы есть ряд преимуществ: гибкость, учет корреляций (при применении распределения Холецкого), оценка «хвостов» рисков (с помощью разложения Стьюдента).

Методология расчета CFaR для ПАО «Лукойл»

Разработанный алгоритм расчета CFaR для ПАО «Лукойл» включает в себя шесть последовательных этапов:

1. **Поиск и анализ факторов риска**. У ПАО «Лукойл» можно выделить следующие факторы: цена на сырьевые товары, валютные курсы, инфляция и процентные ставки.

2. **Сбор и подготовка данных**. Регрессионная модель и стохастическое моделирование строились на основе квартальных данных за 2019 – 2024 гг. Такой период позволяет охватить устойчивые интервалы и кризисные фазы, связанные, например, с COVID-19 и событиями 2022 г. Информационную основу составили нефтяные котировки (MOEX, EIA), курсы валют (Банк России), индекс потребительских цен (Росстат, OECD) и процентные ставки.

3. **Построение регрессионной модели**. Для оценки чувствительности денежных потоков компании к найденным фактором риска применяется регрессионная модель. В качестве зависимой переменной выбран показатель EBITDA, который является хорошим прокси для операционного денежного потока в силу доступности и отражения эффективности основной деятельности компании. Модель строится на разностях первого порядка для обеспечения стационарности временных рядов.

Пример упрощенной регрессионной модели для EBITDA (коэффициенты установлены экспертом для иллюстрации):

$EBITDA(t) = B_0 + B_1 * Urals(t) + B_2 * USD/RUB(t) + B_3 * CPI(t) + B_4 * BOND_Yield(t) + e(t)$

EBITDA(t) – показатель EBITDA компании, в млрд. руб. в период t;

Urals(t) – цена на нефть марки Urals в $/барр;

USD/RUB(t) – курс доллара США к рублю;

CPI(t) – уровень инфляции (индекс потребительских цен);

BOND_Yield(t) – доходность государственных облигаций (прокси для процентных ставок).

e(t) – случайный элемент регрессии.

Пример интерпретации коэффициентов:

– B_1 (например, +15). При росте цены на нефть Urals на 1$ EBITDA увеличивается на 15 млрд руб.

– B_2 (например, -10). При укреплении рубля на 1 рубль (пад. USD/RUB на 1) EBITDA снижается на 10 млрд руб., что объясняется преобладанием экспортной выручки.

– B_3 (например, -5). Рост инфляции на 1% приводит к снижению EBITDA на 5 млрд руб. из-за роста операционных затрат.

– B_4 (например, -2). Снижение доходности гособлигаций на 1% (ухудшение экономической конъюнктуры) приводит к снижению EBITDA на 2 млрд руб.

4. **Имитационное моделирование сценариев методом Монте-Карло**. Данный этап предполагает построение компьютерной модели, с помощью которой можно получать множество случайных траекторий будущего изменения риск-факторов.

Подбор распределений. Для каждого риск-фактора вид распределения определяется на основе его квартальных изменений 2019 – 2024 гг. Для нефтяных котировок и валютных курсов, которым присущи высокая волатильность и риск резких скачков, предпочтение отдаётся распределению Стьюдента с 5 – 6 степенями свободы, чтобы учесть вероятность экстремальных значений. Где динамика более предсказуема, применяется нормальное распределение, как в случае с индексом потребительских цен и ключевой ставке ЦБ РФ.

Учет корреляций. Что смоделировать совместный случайные изменения риск-факторов, используется ковариационная матрица и метод разложения Холецкого. Так удается учесть взаимосвязи между факторами, например, между ценой на нефть и курсом рубля [11].

Генерация сценариев. Для каждого из 10000 сценариев генерируется приращение риск-факторов, которые добавляются к последним исследуемым значениям, что позволяет сформировать набор прогнозных значений факторов на конец прогнозного квартала.

Вероятность ошибки. Для каждого из сценариев вводится уточнение, которое отражает необъяснённую часть регрессионного остатка.

5. **Расчет денежных потоков для каждого сценария**. Вычисляем величину EBITDA для каждого из 10 000 сценариев, используя коэффициенты регрессии, полученные при построении регрессионной модели. Благодаря этому формируется эмпирическое распределение возможных значений для EBITDA. Для большей наглядности выполним упрощённый расчёт по одному из сценариев.

– Цена Urals = 75 $/барр.

– Курс USD/RUB = 90

– Инфляция (CPI) = 5,5%

– Доходность гособлигаций (BOND_Yield) = 8%

Подставим значения в уравнение регрессии:

EBITDA = 200 + 15 * 75 – 10 * 90 – 5 * 5,5 – 2 * 8 = 381,5 млрд руб.

Аналогичные вычисления выполняются для всех остальных сценариев. Затем строится итоговое распределение.

6. **Вычисление CFaR**. На основе полученного распределения EBITDA определяются 2 ключевых параметра:

– Среднее прогнозное значение денежного потока.

– Квантиль на заданном уровне доверия (например, 5-й процентиль).

Сама мера CFaR рассчитывается как разность между средним прогнозом и выбранным квантилем. Допустим, средняя прогнозная EBITDA составила 1600 млрд руб., а 5-й процентиль – 1520 млрд руб. Тогда CFaR с доверительной вероятностью 95% будет равен 80 млрд руб. Можно сказать и так: лишь в 5% случаев снижение денежного потока относительно среднего уровня превысит эту сумму.

Для ПАО «Лукойл» в рамках данной работы были проанализированы основные риск-факторы: цены на нефть, валютный курс и инфляция. Регрессионное уравнение при этом имело следующий вид:

EBITDA(t) = 200 + 15 * Urals(t) + 10 * USD/RUB(t) + 5 * CPI(t) + 2 * BOND_Yield(t) + e(t)

Выполненные по описанной методологии расчёты дают для компании прогнозное значение EBITDA на 2025 г. около 1600 млрд руб., что хорошо согласуется с оценками отраслевых аналитиков. При этом с вероятностью 5% фактический показатель может оказаться ниже среднего более чем на 80 млрд руб. При этом нужно учитывать, что EBITDA будет ниже среднего значения более чем на 80% млрд. руб., составляет около 5%.

Таблица №1

Анализ чувствительности CFaR к ключевым допущениям

Параметр	Старая величина	Новая величина	Результирующий фактор CFaR	Интерпретация
Волатильность цены Urals	25%	30%	95 млрд руб. (+18,75%)	Рост волатильности сырья – ключевой драйвер риска
Корреляция Urals/USD RUB	+0,6	-0,2	105 млрд руб. (+31,25%)	Если связь ослабляется, риск увеличивается
Распределение факторов	нормальное	t-распределение (df = 4)	110 млрд руб. (+37,5%)	Учет «тяжелых хвостов» распределения улучшает эффективность оценки

Источник: составлено автором

Данные таблицы показывают, что CFaR значительно возрастает при увеличении волатильности ключевых риск-факторов, изменении корреляционных связей (особенно их ослаблении, когда факторы движутся в непредсказуемых направлениях) и при использовании распределений, лучше учитывающих экстремальные события (t-распределение). Это подтверждает важность тщательного выбора модельных параметров и постоянного мониторинга рыночных условий.

Алгоритм, прошедший проверку на данных ПАО «Лукойл», позволяет объединить воздействие основных макроэкономических факторов в рамках общей вероятностной модели оценки риска. Полученная величина CFaR дает менеджменту компаний объективную и количественно измеримую базу для принятия решений, касающихся риска.

Во-первых, это нужно для того, чтобы правильно сформировать резервы ликвидности.

Также это полезно для обеспечения хеджирования, оптимизации структуры капитала и стратегического планирования.

Использование t-распределения Стьюдента для моделирования цен на нефть и обменных курсов, а также учет корреляций между риск-факторами с помощью разложения Холецкого, что дает возможность получить надежную оценку возможных потерь. Это важно при экономической турбулентности.

Предложенный подход обладает высокой степенью адаптивности и может применяться не только в случае с ПАО «Лукойл», но и к другим компаниям, относящимся к добывающей отрасли, в особенности к нефтедобывающему сектору [12].

Методологию CFaR на основе регрессионного анализа и стохастическое моделирование методом Монте-Карло можно считать мощными инструментами в контексте управления рисками распределения денежных потоков в организациях, относящихся к сырьевому сектору [11]. Апробация на примере ПАО «Лукойл» дает возможность утверждать, что рассмотренный алгоритм действительно позволяет верно оценить подверженность EBITDA макроэкономической волатильности. Учет специфических распределений риск-факторов и их зависимостей способствует достоверности оценки.

Дальнейшим развитием можно будет считать уточнение параметров модели за счет глубокого анализа данных, а также включением в модель новых возможных риск-факторов (кредитный риск, логистический риск) и построением CFaR для большего количества периодов, чтобы можно было оценить долгосрочные риски ликвидности [13, 16].

Литература

1. Ахматгареев Р. Ф. Методы управления рисками в инвестиционных проектах нефтегазовых компаний: мировая практика и применение в России // Вестник науки. 2025. №9 (90). С. 21-31

2. Безухов, Д. А. Оптимизация структуры оборотного капитала производственной сферы промышленной корпорации / Д. А. Безухов, Д. А. Максимов,

М. А. Халиков. – Москва : Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2017. – 172 с. – ISBN 978-5-7307-1252-2. – EDN ZGTHGB.
3. Грибенюк С. А., Джуха В. М. Теоретические и практические аспекты формирования оптимальной структуры капитала // Учет и статистика. 2024. №3. С. 49-61
4. Дубровин В. М. Особенности развития нефтегазового сектора России // Общество: политика, экономика, право. 2025. №4. С. 102-110
5. Зарипова Д. А., Загитова Л. Р., Дмитриева Е. В. Интегрированная оценка инвестиционной привлекательности ПАО «Лукойл»: эконометрическое моделирование ключевых факторов // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика . 2024. №4 (50). С. 41-58
6. Максимов, Д. А. О необходимости комплексного подхода при исследовании рисков организации / Д. А. Максимов, Ю. Д. Спиридонов // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2013. – № 37. – С. 285-296. – EDN ROZYSL.
7. Максимов, Д. А. Управление рисками производственной сферы предприятия / Д. А. Максимов // Славянский форум. – 2015. – № 3(9). – С. 160-172. – EDN UNVION.
8. Меньщиков А. Н., Подшивалов Д. В. Анализ структуры и рентабельности капитала предприятий нефтегазового комплекса как способ оптимизации структуры капитала // Вестник экономики, управления и права. 2024. №4. С. 22-32
9. Плис К. С., Филобокова Е. А. Экономический анализ эффективности корпоративного управления в компаниях с разной степенью государственного участия // Вестник Академии знаний. 2025. №3 (68). С. 906-912
10. Пляскина Н. И. Ценовые риски нефтегазовой компании в условиях углеродной нейтральности // Проблемы прогнозирования. 2025. №1 С. 151-162
11. Потапов А. И. Временной риск-профиль опционов // Экономический журнал ВШЭ. 2024. №1.
12. Сальманов С. М. Эффективное управление минерально-сырьевой базой предприятий горнодобывающей отрасли как фактор экономической безопасности страны // Известия УГГУ. 2024. №1 (73). С. 164-171
13. Сулейманова Х. Д. Анализ развития контроллинга в нефтегазовой отрасли // КЭ. 2023. №9. С. 3345-3357
14. Тарасевич Е. С. Показатели диверсификации промышленных предприятий нефтегазовой отрасли // УЭкС. 2017. №5 (99). С. 1-18
15. Фомин, Г. П. Риски в экономике : задачи и примеры решения / Г. П. Фомин, Л. А. Чайковская, Д. А. Максимов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-406-08753-4. – EDN CETUNJ.

Cash Flow at Risk Assessment (CFaR) of PJSC Lukoil Based on Regression Analysis

Garunov N.A.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article considers the method of cash flow risk assessment (Cash Flow at Risk, CFaR) for companies in the commodity sector on the example of PJSC Lukoil. A step-by-step algorithm adapted to the specifics of Russian reality is proposed, since it has a significant impact on the functioning of large companies and the entire economic situation in the country as a whole [4].

The proposed approach involves identifying key risk factors, building a regression model to analyze the sensitivity of cash flows to these factors, and calculating the final CFaR value. The use of Student's t-distribution in modeling oil prices and exchange rates makes it possible to take into account the probability of extreme outcomes. Testing on the data of PJSC Lukoil showed that EBITDA is most sensitive to fluctuations in oil prices, exchange rates, and inflation. The importance of taking into account the relationship between risk factors to improve the reliability of CFaR assessment is confirmed. The obtained CFaR estimates provide management with a measurable framework for making decisions on hedging, reserve formation, and capital structure optimization [1, 2, 3].

Keywords: CFaR, regression analysis, risk management, PJSC Lukoil, commodity sector EBITDA.

References

1. Akhmatgareev R. F. Risk Management Methods in Investment Projects of Oil and Gas Companies: Global Practice and Application in Russia // Vestnik Nauki (Bulletin of Science). 2025. No. 9 (90). pp. 21–31.
2. Bezukhov D. A., Maksimov D. A., Khalikov M. A. Optimization of the Working Capital Structure in the Production Sector of an Industrial Corporation. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics, 2017. 172 p. ISBN 978-5-7307-1252-2. EDN ZGTHGB.
3. Gribenyuk S. A., Dzhukha V. M. Theoretical and Practical Aspects of Forming an Optimal Capital Structure // Accounting and Statistics. 2024. No. 3. pp. 49–61.
4. Dubrovin V. M. Specifics of the Development of Russia's Oil and Gas Sector // Society: Politics, Economics, Law. 2025. No. 4. pp. 102–110.
5. Zaripova D. A., Zagitova L. R., Dmitrieva E. V. Integrated Assessment of the Investment Attractiveness of PJSC LUKOIL: Econometric Modeling of Key Factors // Bulletin of USPTU (Ufa State Petroleum Technological University). Science, Education, Economics. Series: Economics. 2024. No. 4 (50). pp. 41–58.
6. Maksimov D. A., Spiridonov Yu. D. On the Need for a Comprehensive Approach to Studying Organizational Risks // Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. – 2013. – No. 37. – pp. 285–296. – EDN ROZYSL.
7. Maksimov, D. A. Risk Management in the Production Sector of an Enterprise / D. A. Maksimov // Slavic Forum. – 2015. – No. 3(9). – pp. 160–172. – EDN UNVION.
8. Menshchikov, A. N., Podshivalov, D. V. Analysis of the Capital Structure and Profitability of Enterprises in the Oil and Gas Sector as a Method for Optimizing Capital Structure // Bulletin of Economics, Management, and Law. 2024. No. 4. pp. 22–32.
9. Plis, K. S., Filobokova, E. A. Economic Analysis of Corporate Governance Efficiency in Companies with Varying Degrees of State Participation // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2025. No. 3 (68). pp. 906–912.
10. Plyaskina, N. I. Price Risks for Oil and Gas Companies in the Context of Carbon Neutrality // Studies on Russian Economic Development (Problemy Prognozirovaniya). 2025. No. 1. pp. 151–162.
11. Potapov, A. I. Time-Based Risk Profile of Options // HSE Economic Journal. 2024. No. 1.
12. Salmanov, S. M. Effective Management of the Mineral Resource Base of Mining Enterprises as a Factor in the Country's Economic Security // News of the Ural State Mining University (Izvestiya UGGU). 2024. No. 1 (73). pp. 164–171.
13. Suleymanova, Kh. D. Analysis of the Development of Controlling in the Oil and Gas Industry // KE. 2023. No. 9. pp. 3345–3357
14. Tarasevich E. S. Indicators of Diversification for Industrial Enterprises in the Oil and Gas Sector // UEkS. 2017. No. 5 (99). pp. 1–18.
15. Fomin, G. P. Risks in the Economy: Problems and Examples of Solutions / G. P. Fomin, L. A. Chaikovskaya, D. A. Maksimov. – Moscow: KnoRus Publishing House LLC, 2021. – 256 p. – ISBN 978-5-406-08753-4. – EDN CETUNJ.

Оценка возврата инвестиций (ROI) от внедрения BIM на этапе проектирования конструкций зданий

Деменев Алексей Владимирович
кандидат технических наук, доцент Высшей школы сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса, saprmgus@mail.ru,

Артамонов Александр Сергеевич
старший преподаватель, Российский государственный университет туризма и сервиса, lexus_97_rus@mail.ru

В условиях цифровой трансформации строительной отрасли внедрение технологий информационного моделирования (BIM) становится неотъемлемым условием повышения конкурентоспособности проектных организаций. Однако управленческие решения о переходе на BIM-технологии часто осложняются отсутствием объективных данных об экономической эффективности инвестиций, особенно на этапе проектирования конструкций зданий. В настоящей статье представлен методический подход к оценке возврата инвестиций (ROI) от внедрения BIM на этапе проектирования несущих конструкций. В рамках исследования проанализированы структура затрат и выгод при переходе с традиционного 2D-проектирования на BIM-технологии. Разработана многофакторная модель ROI, учитывающая прямые и косвенные эффекты от внедрения: сокращение времени проектирования, снижение количества ошибок, уменьшение объема корректировок и согласований. Предложены этапы внедрения BIM с оценкой окупаемости каждого этапа. Представлена эмпирическая апробация методики на примере проектной организации, выполняющей работы по проектированию конструкций. Показано, что несмотря на значительные первоначальные инвестиции, интегральный эффект от внедрения BIM на этапе проектирования конструкций достигается уже на второй-третий год использования. При этом максимальная отдача фиксируется на стадии выпуска рабочей документации и междисциплинарной координации. Результаты исследования могут быть использованы для обоснования инвестиционных решений при цифровой трансформации проектной деятельности.

Ключевые слова: BIM, информационное моделирование, возврат инвестиций, ROI, проектирование конструкций, экономическая эффективность, внедрение технологий.

Введение

Строительная отрасль в последние десятилетия переживает период активного внедрения цифровых технологий. Одним из наиболее значимых направлений является информационное моделирование зданий (BIM). BIM представляет собой комплекс технологических решений для повышения эффективности взаимодействия в области архитектурного проектирования, инженерии и строительства. Задачи данных технологий направлены на увеличение эффективности работы при создании объектов капитального строительства на всех стадиях их жизненного цикла (проектирование – строительство – эксплуатация) [5, с. 172]. При всем многообразии положительных качеств использования BIM существуют определенные барьеры к его применению. К ним исследователи относят недостаток квалифицированных специалистов, недостаточность инвестиций в обучение персонала, отсутствие единых стандартов BIM и, наконец, позицию руководства в компаниях.

Настоящая работа сосредоточена на исследовании экономической эффективности внедрения BIM именно на этапе проектирования конструкций зданий. Выбор данного этапа не случаен. Исследования показывают, что этап проектирования является наименее затратным с финансовой точки зрения. В связи с этим, эффективность применения технологий информационного моделирования наиболее ярко проявляется именно на этом этапе [4, с. 194]. Это утверждение базируется на известном графике П. Макмили, демонстрирующем экспоненциальный рост стоимости изменений на поздних стадиях жизненного цикла здания. Внесение корректировок в конструктивную модель на этапе проектирования сопряжено с минимальными затратами по сравнению с исправлением ошибок в процессе строительства или эксплуатации.

Для принятия обоснованных управленческих решений о переходе на BIM-технологии необходимо располагать инструментарием оценки возврата инвестиций (Return on Investment, ROI). По данным анализа практики? не так много крупных столичных фирм удалось реализовать BIM по своим проектам. Но при оценке деятельности данных компаний можно сказать, что для получения позитивного эффекта было потрачено примерно 8 лет и существенные финансовые средства (сотни миллионов рублей) [4, с. 200]. Для организаций, осуществляющих деятельность в регионах, процент компаний, имеющих положительный опыт внедрения, ничтожно мал. Следовательно, существует объективная потребность в адаптированных методиках оценки ROI для проектных организаций различного масштаба.

Цель настоящего исследования — разработка и апробация методики оценки возврата инвестиций от внедрения BIM на этапе проектирования конструкций зданий для проектных организаций, выполняющих функции разработчика конструктивных решений.

Объектом исследования выступает деятельность проектных организаций, занимающихся разработкой конструктивных решений зданий и сооружений. Предметом исследования являются экономические отношения, возникающие в процессе внедрения BIM-технологий в конструкторских подразделениях.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили работы отечественных и зарубежных авторов по вопросам экономической эффективности BIM. В частности, проанализированы подходы к оценке окупаемости инвестиций, представленные в работах [1] и [4]. Существенное внимание уделено исследованию барьеров, препятствующих внедрению BIM, и факторов, определяющих успех внедрения, на основе анализа [5] и [7].

Для проведения эмпирической апробации методики была выбрана проектная организация, расположенная в Центральном федеральном округе, специализирующаяся на проектировании конструкций жилых и общественных зданий. Штат конструкторского отдела составляет 12 специалистов, выполняющих полный цикл разработки конструктивных решений: от предварительных расчетов до выпуска рабочей документации (КЖ, КМ, КМД). В 2022 году организация приняла решение о переходе на BIM-технологии для этапа проектирования конструкций с использованием программного комплекса Autodesk Revit (модуль Revit Structure) в сочетании с расчетными комплексами SCAD и LIRA-CAD.

В организации были внедрены следующие BIM-процессы:

создание единой информационной модели несущих конструкций (колонны, балки, плиты, фундаменты, связи);

автоматизированное формирование спецификаций и ведомостей объемов работ;

экспорт геометрии в расчетные комплексы и обратный импорт результатов с отображением армирования;

координация с моделями смежных разделов (архитектура, инженерные системы) через платформу общих данных.

Для оценки ROI были рассмотрены проекты двух типов: "типовой" (многоэтажный жилой дом, 9-12 этажей) и "индивидуальный" (общественное здание со сложной конструктивной схемой). Период наблюдения составил 3

года (2022-2024 гг.), включая этап начального внедрения и последующей стабилизации процессов.

Методика расчета ROI

В рамках исследования использовались две модели расчета ROI.

Формула базовой модели ROI для первого года реализации имеет следующий вид:

где C0 – затраты на реализацию проекта;

ΔP - изменение производительности [1, с. 407].

ROI1=B−(B1+E) × (12−C) A + (B×C×D) (1)

где:

·A— стоимость программного обеспечения и оборудования (руб.);

B – затраты на зарплату конструкторам за месяц (руб.).

C — время обучения сотрудников, мес.

D — снижение производительности в период обучения и адаптации (%);

E — увеличение эффективности по окончании адаптации (%).

Модель отражает факт того, что на этапе внедрения эффективность работы конструкторов падает за счет обучения работе с новой программой и изменениями технологии выполнения работ. В работах указывается, что при внедрении первоначально происходит спад эффективности труда, после чего следует постепенный ее рост выше исходного уровня [1, с. 408]. Данная тенденция поддерживается результатами эксперимента: применение BIM-технологии обеспечило следующие результаты – снижение затрат времени на 7%; снижение контрактной цены на 10%; сокращение времени для оценки финансовой состоятельности проекта на 80%.

Расширенный расчет ROI в период стабильности – 2-3 года включает ещё ряд факторов воздействия:

ROIn = ∑i = 1n (Эiпрям+Эikосв) – Инач − ∑i = 1nИitекИнач + ∑i = 1nИitек × 100% (2)

где:

Эiпрям — прямой экономический эффект в году ii (сокращение времени, снижение трудозатрат, уменьшение ошибок);

·Эikосв — косвенный экономический эффект в году ii (снижение рисков, улучшение качества, повышение удовлетворенности заказчиков);

Инач — первоначальные затраты на оборудование, ПО.

Иitек — текущие затраты на поддержку BIM-процессов в году ii.

Методы для определения величин прямых воздействий представлены ниже:

– Хронометраж работы по выполнению стандартных процессов (выполнение сборов, вычислений, чертежей, спецификаций).

– Сравнение трудозатрат по проектированию похожих объектов до применения BIM с применением BIM.

– Фиксирование числа циклов согласования/корректировки/пересылки документов.

– Оценка количеств материалов из сформированных автоматически спецификаций.

Методами оценки косвенных последствий являлись метод экспертных суждений, оценка проектных рисков.

Результаты исследования

На первом этапе исследования была проанализирована динамика продуктивности конструкторского отдела. На основании хронометража выполнения типовых операций были получены следующие результаты (таблица 1).

Таблица 1

Динамика производительности труда конструкторов при внедрении BIM

Этап внедрения	Среднее время проектирования типового этажа (чел.-дни)	Количество корректировок за проект	Время на междисциплинарные согласования (дни)	Доля времени на рутинные операции (%)
До внедрения (2021)	8,4	6,2	12,3	42,5
1-й квартал 2022 (начало обучения)	11,7	7,5	14,1	48,7
2-й квартал 2022	10,2	6,8	13,0	44,2
3-й квартал 2022	9,1	5,9	11,5	39,8
4-й квартал 2022	8,3	5,1	10,2	35,6
2023 год (стабилизация)	6,9	4,0	8,4	28,1
2024 год	6,5	3,5	7,6	25,3

Данные таблицы 1 наглядно демонстрируют закономерность, описанную в [1, с. 408]: первичное снижение продуктивности в период обучения и адаптации (прирост времени на 28-39% в 1-2 кварталах 2022 года) с последующей компенсацией и превышением исходного уровня. К концу 2024 года среднее время проектирования типового этажа снизилось на 22,6% по сравнению с до BIM-периодом. Особенно значительным оказалось сокращение доли рутинных операций (специфицирование, аннотирование, корректировка ссылок) с 42,5% до 25,3%, что позволило конструкторам больше времени уделять непосредственно расчетному обоснованию и поиску оптимальных решений.

Следует также отметить сокращение количества корректировок в процессе выпуска документации. Снижение с 6,2 до 3,5 корректировок на проект свидетельствует о повышении точности проектных решений и уменьшении влияния человеческого фактора при формировании документации. Как справедливо отмечено в [5, с. 180], внедрение BIM дает компаниям конкурентное преимущество, гарантируя владельцам максимальную отдачу от их инвестиций.

На начальном этапе внедрения были осуществлены следующие затраты:

Приобретение программного обеспечения (лицензии Autodesk AEC Collection на 12 рабочих мест): 1,2 млн руб. (единовременные).

Приобретение серверного оборудования и рабочих станций: 780 тыс. руб. (единовременные).

Обучение персонала: 96 тыс. руб. (единовременные, 2 курса по 8 чел.)

Адаптация библиотек и шаблонов: 120 тыс. руб. (единовременные).

Таким образом, единовременные затраты составили около 2,2 млн руб. Период обучения составил 1 месяц, в течение которого у конструкторов отмечалось снижение производительности труда в среднем на 30%.

Кроме того, организация понесла следующие текущие затраты:

Ежегодное продление лицензий: 480 тыс. руб.

Техническая поддержка и сопровождение: 180 тыс. руб.

Повышение квалификации сотрудников: 60-80 тыс. руб. в год.

Итого текущие затраты в 2022 году составили около 740 тыс. руб., в 2023 году — 720 тыс. руб., в 2024 году — 710 тыс. руб.

Как отмечается в исследовании [7, с. 4], структура затрат на BIM должна учитывать не только прямые расходы на программное обеспечение и обучение, но и организационные изменения, которые могут оказывать существенное влияние на общую экономическую эффективность внедрения.

Используя формулу (1) для расчета ROI за первый год:

A=2,196,000 (общие единовременные затраты);

B=12×95,000=1,140,000 (среднемесячный фонд оплаты труда конструкторов);

C=1 мес. (период обучения);

D=0,30 (снижение производительности на 30% в период обучения);

E=0,22 (прирост производительности на 22% к концу года).

Расчет:

ROI1 =1,140,000−(1,140,0001+0,22) × (12−1) 2,196,000 + (1,140,000 × 1 × 0,30)

ROI1=1,140,000−934,426×112,196,000+342,000

ROI1≈−35,98%

Отрицательное значение ROI за первый год подтверждает, что внедрение BIM в первый год не обеспечивает возврата инвестиций. Данный результат не является неожиданным. Как отмечается в [1, с. 412], самая высокая рентабельность и самая быстрая окупаемость при внедрении BIM на этапе концепции и проектирования, однако на других этапах затраты на BIM могут окупиться только в долгосрочной перспективе и с учетом правильно выстроенных процессов в организации.

Для оценки ROI за второй и третий годы использовалась расширенная модель (2). При расчете учитывались следующие источники эффекта.

Прямой экономический эффект:

Экономия трудозатрат на конструкторские работы: сокращение времени проектирования на 22,6% в 2023 г. (6,9/8,4 = 0,821) и на 22,6% в 2024 г., что в денежном выражении составило около 0,9 млн руб. в 2023 г. и 1,0 млн руб. в 2024 г. в сравнении с базовым уровнем при условии сохранения стоимостных расценок.

Снижение затрат на корректировки и выпуск дополнительных листов: за счет уменьшения количества ошибок и повторных выпусков, экономия оценена в 0,2-0,3 млн руб. ежегодно.

Ускорение согласований со смежными разделами: сокращение цикла согласований с архитекторами и инженерными подразделениями позволило снизить накладные расходы на примерно 0,15-0,2 млн руб. в год.

Косвенный экономический эффект:

Сокращение рисков проектирования и снижение вероятности судебных споров по конструктивным ошибкам.

Повышение удовлетворенности заказчиков за счет наглядности и точности документации.

Расширение портфеля заказов в сегменте сложных объектов.

В количественном выражении косвенные эффекты оценены методом экспертных оценок (с привлечением 5 экспертов из управленческого звена) на уровне 0,4-0,5 млн руб. в год. Как отмечается в исследовании [10, с. 18], учет косвенных эффектов при оценке ROI от внедрения BIM является критически важным, поскольку они могут составлять значительную долю общего экономического эффекта, особенно на этапе проектирования.

Таблица 2
Динамика ROI при внедрении BIM на этапе проектирования конструкций

Показатель	2022 год (внедрение)	2023 год (стабилизация)	2024 год (зрелость)
Единовременные инвестиции, тыс. руб.	2 196	—	—
Текущие затраты на поддержку BIM, тыс. руб.	740	720	710
Прямой экономический эффект (трудозатраты + корректировки), тыс. руб.	372	1 125	1 345
Косвенный экономический эффект (экспертная оценка), тыс. руб.	120	420	480
Суммарный годовой эффект, тыс. руб.	492	1 545	1 825
Суммарный эффект нарастающим итогом, тыс. руб.	492	2 037	3 862
ROI (нарастающим итогом)	-77,6%	-7,2%	32,7%
ROI (за год)	-77,6%	95,4%	82,7%

Итоговые показатели ROI представлены в таблице 2.

Важным наблюдением является то, что во второй год после внедрения ROI приближается к нулевому значению (-7,2%), а на третий год становится положительным (32,7%). По некоторым данным, фирмам с опытом внедрения BIM технологий на самом деле оказалось сложнее измерить рентабельность инвестиций. В некоторых компаниях, которые имеют большой опыт внедрения BIM технологий, подходы к оценке рентабельности инвестиций настолько изменили рабочий процесс компании, что они перестали считать оценку рентабельности BIM критически важной [1, с. 410]. Это подтверждает, что по мере интеграции BIM в ключевые процессы, оценка ROI уступает место стратегическим соображениям.

Анализ эффективности на этапе выпуска рабочей документации

Отдельное внимание в исследовании было уделено анализу эффективности BIM на этапе выпуска рабочей документации (КЖ, КМ, КМД). На основе хронометража, проведенного для 5 пилотных проектов, были выявлены следующие закономерности:

Наиболее существенное сокращение времени наблюдается при выполнении рутинных операций — специфицировании, аннотировании, формировании ведомостей объемов работ. Автоматизация этих процессов позволила сократить время на их выполнение на 55-65%.

Наибольшая экономия времени на этапе выпуска достигается при проектировании железобетонных конструкций с большим числом однотипных элементов, что объясняется возможностью быстрого копирования и настройки параметров (армирование, маркировка).

На этапе согласования с моделью смежных разделов (архитектура, вентиляция, электрика) сокращение времени составило около 25-35% за счет визуализации конфликтов и использования формата IFC.

Как отмечается в исследованиях, внедрение BIM дает компаниям конкурентное преимущество, гарантируя владельцам максимальную отдачу от их инвестиций [5, с. 180]. В контексте проектирования конструкций это проявляется в первую очередь в возможности проведения высокоточных расчетов и визуализации сложных узлов до начала строительства.

Установленные при этом тенденции подтверждаются зарубежными исследованиями. Например, авторы из Австралии [12, с. 2055] по результатам исследований на малых и средних проектных предприятиях пришли к выводу, что ключевым фактором эффективности BIM-проектов являются не технические решения, а организационная адаптивность и грамотное управление процессами их реализации. Что совпадает с нашим выводом про важность менеджмента.

Об экономическом эффекте можно судить по примеру Чехии – там за счет использования BIM на госзаказах коэффициент выгод/затрат (BCR) достиг 4,5+ [13, с. 3842]. Такие показатели показывают высокую эффективность технологии при правильной организации работы.

Не менее важным представляется и то, как именно организована BIM-координация. В работе [9, с. 105031] показано, что введение приоритетных политик при обработке запросов позволяет заметно повысить ROI за счёт более рационального использования труда BIM-специалистов и сокращения простоев инженеров. Иными словами, сама по себе смена инструментария не гарантирует результата — необходима продуманная организация работы с моделью.

Наконец, методика оценки ROI за счет исключения переделок на объекте из статьи [11, с. 414] также будет являться дополнительным методом для нашей методики (так как мы рассматривали только этап проектирования). Комбинация данных методов поможет увидеть экономическую эффективность BIM во всем жизненном цикле объекта. Авторы подчеркивают, что интегральный эффект от BIM может быть значительно выше при учете всех стадий жизненного цикла объекта.

Представленная методика имеет ряд ограничений. Во-первых, эффект от внедрения BIM в значительной степени зависит от масштаба организации. Согласно [5, с. 174], обычно уровень внедрения инновационных технологий на малых и средних предприятиях ниже, чем в крупных. Для малой проектной организации (до 20 сотрудников) период окупаемости может быть дольше ввиду ограниченности ресурсов.

Во-вторых, основным барьером для внедрения BIM является не столько технологическая сложность, сколько управленческие и кадровые аспекты. В [5, с. 177] указано, что решающим элементом успешного использования BIM является уровень вовлеченности всех участников проекта, а сопротивление непосредственных исполнителей работ новым технологиям и изменениям в традиционных процедурах препятствует полному внедрению BIM [5, с. 179]. Эти факторы крайне сложно отразить в количественной модели ROI.

В-третьих, расчет ROI для конструкторских подразделений должен учитывать специфику их взаимодействия со смежными разделами. Чем выше степень кооперации, тем выше эффект от BIM. Однако количественная оценка этого эффекта остается сложной задачей.

Как отмечается в исследовании [2, с. 70], для управления полным циклом строительства индивидуального жилья в Московском регионе эффект от BIM проявляется не только в прямой экономии ресурсов, но и через косвенные и системные эффекты, что подтверждает необходимость многофакторного подхода к оценке ROI.

Заключение

Настоящее исследование было посвящено разработке и апробации методики оценки возврата инвестиций от внедрения BIM на этапе проектирования конструкций зданий. Основные результаты работы заключаются в следующем. Внедрение BIM на этапе проектирования конструкций сопровождается неизбежным снижением производительности в первый период (3-6 месяцев), однако затем происходит устойчивый рост эффективности. В наблюдаемой организации среднее время проектирования типового этажа сократилось на 22,6% к концу третьего года внедрения, а доля рутинных операций уменьшилась с 42,5% до 25,3%.

Разработанная многофакторная модель ROI позволяет дифференцированно оценивать экономический эффект с учетом прямых и косвенных составляющих. Показано, что инвестиции в BIM на этапе проектирования конструкций окупаются на второй-третий год внедрения (ROI нарастающим итогом достигает 32,7% на третий год). Данные согласуются с выводами о большей эффективности BIM в стадии проектирования [1, с. 412], а также большей продолжительностью срока возврата инвестиций у региональных компаний [4, с. 200].

Выявлено, что непосредственный экономический результат достигается за счет уменьшения времени выполнения повторяющихся задач (спецификация, аннотация, правки), а также сокращения сроков согласования между дисциплинами. Непосредственный косвенный эффект – это снижение проектных рисков, улучшение качества конструкции.

Эмпирическая апробация методики на примере проектной организации показала, что расчет ROI по базовой модели для первого года имеет отрицательный показатель -35,98% (отражает затраты в начале и время адаптации). Модель с учетом развития эффекта за три года показывает рост показателя: второй год – 95,4 %, третий год – 82,7 %.

Результаты исследования показывают экономическую эффективность применения BIM при проектировании конструктивных элементов, но для успешной реализации необходимо комплексное решение задачи – закупка оборудования и программного обеспечения, подготовка кадрового состава, настройка нормативных документов, библиотек и т. д., перестройка процессов работы предприятия [4, с. 200]. Результаты выполненной работы являются основанием для выработки решения по внедрению BIM технологий в конструкторские отделы проектной организации.

Направления дальнейшего развития работы могут стать следующими: применение данной методики на примере небольших проектных фирм без достаточных финансовых ресурсов, создание отраслевой методики расчета ROI по разным видам работ строительного проектирования, рассмотрение синергии при совместном использовании BIM в нескольких разделах проекта.

Литература

1. Богатырев Н. С., Люлин П. Б. BIM технологии для объектов недвижимости на различных стадиях жизненного цикла здания. Преимущества внедрения и оценка рентабельности инвестиций //Московский экономический журнал. – 2024. – №. 5. – С. 394-418.
2. Евдокименко С. О. Оценка экономической эффективности применения технологии информационного моделирования зданий для управления полным циклом строительства индивидуального загородного жилья в Московском регионе //Экономическое развитие России. – 2025. – Т. 32. – №. 11. – С. 68-72.
3. Максимов М. И., Карапетян Л. О. О некоторых методах управления изменениями в российских строительных компаниях //Прикладные экономические исследования. – 2024. – №. 3. – С. 146-154.
4. Торохова К. Е., Матвеева М. В. Оценка экономической эффективности и перспектив внедрения технологий информационного моделирования на этапе проектирования в строительной отрасли региона //Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13. – №. 2 (45). – С. 192-201.
5. Юшкин И. И., Хаким А. Ш. Г., Сташевская Н. А. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2022. – Т. 18. – №. 2. – С. 172-181.

6. Abdel-Hamid M., Abdelhaleem H. M., Abd El-Razek Fathy A. E. Assessing the implementation of BIM for enhancing green building certification evaluations //Architectural Engineering And Design Management. – 2025. – Vol. 21. – №. 5. – P. 1040-1056.
7. Farouk A. M. Factors Affecting Soft Cost in BIM-Based Construction Projects //Journal of Engineering, Project & Production Management. – 2025. – Vol. 15. – №. 3. – P. 1-13.
8. Gharaibeh L., Matarneh S., Lantz B., Eriksson K. Quantifying the influence of BIM adoption: An in-depth methodology and practical case studies in construction //Results in Engineering. – 2024. – T. 23. – C. 102555. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102555
9. Huh S. H., Ham N., Kim J. H., Kim J. J. Quantitative impact analysis of priority policy applied to BIM-based design validation //Automation in Construction. – 2023. –Vol. 154. – P. 105031.
10. Kim Y. Y., Lee Y. G., Ham N. H., Kim J. J. Productivity and ROI Analysis by Design Phase based on BIM-Case Study on Small-Scale Design Offices //Journal of KIBIM. – 2025. – Vol. 15. – №. 2. – P. 15-27.
11. Lee M., Lee U. K. A framework for evaluating an integrated BIM ROI based on preventing rework in the construction phase //Journal of Civil Engineering and Management. – 2020. – Vol. 26. – №. 5. – P. 410-420.
12. Sompolgrunk A., Banihashemi, S., Hosseini, M. R., Golzad, H., & Hajirasouli, A. An integrated model of BIM return on investment for Australian small-and medium-sized enterprises (SMEs) //Engineering, Construction and Architectural Management. – 2023. – Vol. 30. – №. 5. – P/ 2048-2074.
13. Věrný L., Žák J. A Cost–Benefit Analysis of BIM Methodology Implementation in the Preparation and Construction Phase of Public Sector Projects //Buildings. – 2025. – Vol. 15. – №. 21. – P. 3837.

Assessing the return on investment (ROI) of BIM implementation at the structural design stage

Demenev A.V., Artamonov A.S.
Russian State University of Tourism and Service

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

In the context of the digital transformation of the construction industry, the implementation of information modeling (BIM) technologies is becoming an essential condition for increasing the competitiveness of design organizations. However, management decisions regarding the transition to BIM technologies are often complicated by the lack of objective data on the economic effectiveness of investments, especially at the structural design stage. This article presents a methodological approach to assessing the return on investment (ROI) of BIM implementation at the structural design stage. The study analyzes the cost-benefit structure of the transition from traditional 2D design to BIM technologies. A multifactorial ROI model is developed that takes into account the direct and indirect effects of implementation: reduced design time, fewer errors, and fewer adjustments and approvals. BIM implementation stages are proposed, with a cost-benefit assessment for each stage. An empirical test of the methodology is presented using a design organization performing structural design work as an example. It is shown that despite significant initial investments, the holistic effect of BIM implementation at the structural design stage is achieved within the second or third year of use. Furthermore, the maximum return is achieved during the production of working documentation and interdisciplinary coordination. The study's results can be used to substantiate investment decisions during the digital transformation of design activities.

Keywords: BIM, information modeling, return on investment, ROI, structural design, cost effectiveness, technology implementation.

References

1. Bogatyrev N. S., Lyulin P. B. BIM technologies for real estate objects at different stages of the building life cycle. Benefits of implementation and assessment of investment return // Moscow Economic Journal. - 2024. - No. 5. - pp. 394-418.
2. Evdokimenko S. O. Assessment of the economic efficiency of using building information modeling technology to manage the full cycle of construction of individual suburban housing in the Moscow region // Economic development of Russia. - 2025. - Vol. 32. - No. 11. - pp. 68-72.
3. Maksimov M. I., Karapetyan L. O. On some methods of change management in Russian construction companies // Applied economic research. - 2024. - No. 3. - pp. 146-154.
4. Torohova K. E., Matveeva M. V. Assessment of economic efficiency and prospects for the implementation of information modeling technologies at the design stage in the regional construction industry // News of universities. Investments. Construction. Real estate. - 2023. - Vol. 13. - No. 2 (45). - P. 192-201.
5. Yushkin I. I., Khakim A. Sh. G., Stashevskaya N. A. Problems and advantages of implementing BIM at enterprises of the construction industry // Structural mechanics of engineering structures and buildings. - 2022. - Vol. 18. - No. 2. - P. 172-181.
6. Abdel-Hamid M., Abdelhaleem H. M., Abd El-Razek Fathy A. E. Assessing the implementation of BIM for enhancing green building certification evaluations // Architectural Engineering And Design Management. – 2025. – Vol. 21. – no. 5. – P. 1040-1056.
7. Farouk A. M. Factors Affecting Soft Cost in BIM-Based Construction Projects // Journal of Engineering, Project & Production Management. – 2025. – Vol. 15. – no. 3. – P. 1-13.
8. Gharaibeh L., Matarneh S., Lantz B., Eriksson K. Quantifying the influence of BIM adoption: An in-depth methodology and practical case studies in construction // Results in Engineering. – 2024. – T. 23. – P. 102555. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102555
9. Huh S. H., Ham N., Kim J. H., Kim J. J. Quantitative impact analysis of priority policy applied to BIM-based design validation // Automation in Construction. – 2023. –Vol. 154. – P. 105031.
10. Kim Y. Y., Lee Y. G., Ham N. H., Kim J. J. Productivity and ROI Analysis by Design Phase based on BIM-Case Study on Small-Scale Design Offices // Journal of KIBIM. – 2025. – Vol. 15. – no. 2. – P. 15-27.
11. Lee M., Lee U. K. A framework for evaluating an integrated BIM ROI based on preventing rework in the construction phase // Journal of Civil Engineering and Management. – 2020. – Vol. 26. – No. 5. – P. 410-420.
12. Sompolgrunk A., Banihashemi, S., Hosseini, M. R., Golzad, H., & Hajirasouli, A. An integrated model of BIM return on investment for Australian small-and medium-sized enterprises (SMEs) //Engineering, Construction and Architectural Management. – 2023. – Vol. 30. – No. 5. – P/ 2048-2074.
13. Věrný L., Žák J. A Cost–Benefit Analysis of BIM Methodology Implementation in the Preparation and Construction Phase of Public Sector Projects //Buildings. – 2025. – Vol. 15. – no. 21. – P. 3837.

Влияние налоговой нагрузки по корпоративному налогообложению на сделки M&A

Игнатова Наталья Алексеевна
к.э.н., доцент, доцент кафедры экономической безопасности, факультет национальной безопасности, Институт права и национальной безопасности, РАНХиГС при Президенте РФ, ignatova-na@ranepa.ru,

Микшин Александр Дмитриевич
аспирант, кафедра мировой экономики и финансов, АТиСО, miksh1n@mail.ru,

Шишкин Павел Михайлович
аспирант, кафедра мировой экономики и финансов, АТиСО, pasha.shishkin.1999@bk.ru

В статье исследуется влияние налоговой нагрузки на принятие решений о слияниях и поглощениях (M&A) в Российской Федерации. Корпоративное налогообложение рассматривается в узком функциональном смысле как налогообложение финансового результата и дохода организаций, в рамках которого ключевое значение имеют налог на прибыль организаций и упрощенная система налогообложения. На основе данных статистической налоговой отчетности за 2021–2025 гг. сопоставлена динамика поступлений налога на прибыль, налоговых обязательств организаций на УСН и показателей фактической налоговой нагрузки. Показано, что номинальная ставка не отражает фактическую величину изъятия: в 2023–2025 гг. наблюдаемая эффективная ставка по налогу на прибыль составила соответственно 16,19, 15,33 и 19,01 %, тогда как нагрузка, рассчитанная к доходам, существенно различалась между налогом на прибыль и двумя объектами УСН. Дополнительно проанализирована динамика российского рынка M&A. В 2025 г. повышение ставки налога на прибыль до 25 % и рост эффективной нагрузки совпали со снижением стоимости и количества M&A-сделок. Данное совпадение не трактуется как доказанная причинно-следственная связь, однако оно согласуется с результатами зарубежных исследований, показывающих чувствительность M&A-активности к корпоративному налогообложению. Выделены основные каналы воздействия налоговой нагрузки на сделки: изменение посленалоговых денежных потоков и оценки бизнеса, стоимости финансирования, налоговых рисков, ценности убытков и вычетов, а также возможность утраты специального налогового режима после приобретения компании. Сформулированы практические выводы для оценки и структурирования M&A-сделок.

Ключевые слова: корпоративное налогообложение, налоговая нагрузка, налог на прибыль организаций, упрощенная система налогообложения, M&A, слияния и поглощения.

Сделки слияний и поглощений (M&A) остаются одним из основных способов ускоренного корпоративного развития. Через приобретение готового бизнеса компания получает доступ к рынкам, технологиям, клиентской базе и производственным активам, а также решает задачи консолидации и вертикальной интеграции. После 2022 г. российский рынок M&A приобрел дополнительные функции: сделки стали использоваться для перераспределения активов, импортозамещения и адаптации бизнеса к изменившейся внешней среде [1–4].

Экономика такой сделки зависит не только от ожидаемой синергии. Покупатель оценивает будущий денежный поток, цену финансирования и риски, а налоги затрагивают каждый из этих элементов. Они уменьшают средства, остающиеся после операционной деятельности, влияют на долговую емкость и образуют самостоятельный блок рисков при due diligence. Поэтому налоговая нагрузка способна влиять и на предельную цену приобретения, и на решение о проведении сделки.

Для России этот вопрос особенно актуален после реформы 2025 г., когда основная ставка налога на прибыль была повышена с 20 до 25 %, а для части плательщиков УСН возникла обязанность по НДС. Цель статьи – оценить, как налоговая нагрузка по основным режимам корпоративного налогообложения связана с параметрами M&A и какие налоговые факторы должны учитываться при оценке компании-цели. В расчетах преимущественно используются данные ФНС России, статистика рынка M&A [17–19].

Российские публикации последних лет рассматривают M&A прежде всего через состояние рынка, мотивы участников и доступность финансирования. С. А. Григорьева и И. В. Скворцова связывают сделки с перестройкой финансовой архитектуры компаний [1], Ю. А. Власова – с изменением состава инвесторов и ростом неопределенности [2]. С. И. Серов и В. А. Мендукшева подчеркивают стратегическую роль M&A [3], а П. В. Барановский показывает, насколько выбор источника финансирования важен в условиях дорогого кредита [4]. В работах по налогообложению акцент смещен на фактическое, а не номинальное бремя: этот подход используется при оценке налога на прибыль, УСН и инвестиционных стимулов [9–15].

Связь корпоративных налогов и M&A подробнее разработана в зарубежной литературе. S. Bradley, F. Carril-Caccia и Y. V. Yotov установили, что повышение корпоративной ставки в стране цели связано со снижением трансграничных приобретений [5]. P. L. Hopkins показывает экономическую значимость распределения налоговых рисков в договоре [6], K. H. Chan, M. He, P. L. L. Mo и W. Zhang – связь налоговой стратегии покупателя со способом оплаты [7]. K. Russo отмечает, что введение нового минимального корпоративного налога в США заставило часть компаний откладывать сделки до завершения расчетов налоговых последствий [8]. Эти результаты позволяют рассматривать налоговую нагрузку как один из факторов цены и структуры M&A, но не как единственную причину изменения рыночной активности.

Информационная база включает статистическую налоговую отчетность ФНС России, Налоговый кодекс Российской Федерации и данные AK&M о сделках с российскими активами стоимостью от 1 млн долл. США [17–19]. Для сопоставления режимов используется отношение налога к доходам организаций; для налога на прибыль дополнительно рассчитываются наблюдаемая эффективная ставка к налоговой базе и скорректированная ставка с учетом эффекта переноса убытков и инвестиционных вычетов. Сравнение с M&A носит описательный характер: небольшое число годовых наблюдений и влияние неналоговых факторов не позволяют трактовать его как доказательство прямой причинности.

Корпоративное налогообложение охватывает несколько обязательных платежей, однако в статье рассматриваются налоги, непосредственно связанные с финансовым результатом или доходом организации. Для российского бизнеса здесь ключевыми являются налог на прибыль и УСН: они определяют долю результата, остающуюся у собственников и доступную для инвестиций и обслуживания сделки.

Налог на прибыль применяется прежде всего крупными и средними компаниями. База определяется как доходы за вычетом признаваемых расходов, а общая ставка с 2025 г. составляет 25 %. Фактическая нагрузка может быть ниже из-за убытков прошлых лет, инвестиционных вычетов, пониженных ставок и иных специальных правил [9, 13–17, 22]. Поэтому при M&A покупатель должен оценивать не только текущую сумму налога, но и причины отклонения эффективной ставки от номинальной.

УСН используется малым и частью среднего бизнеса. При объекте «доходы» базовая ставка составляет 6 %, при объекте «доходы, уменьшенные на величину расходов» – 15 %; региональные ставки могут отличаться. Для сделок важна и структура владения: в общем случае доля участия других организаций для применения УСН не должна превышать 25 % [17, 20]. Следовательно, приобретение контроля юридическим лицом может изменить налоговый режим цели. Историческая прибыль такой

компании уже не всегда показывает денежный поток, который получит покупатель после закрытия сделки.

Таблица 1
Сравнительная характеристика основных механизмов налогообложения результата организаций

Параметр	Налог на прибыль организаций	УСН «доходы»	УСН «доходы минус расходы»
Экономическая база	Прибыль (доходы за вычетом расходов)	Доходы	Доходы за вычетом учитываемых расходов
Базовая ставка	25 % с 2025 г.	6 %	15 %
Ключевая особенность	Развитая система льгот, убытков и вычетов	Расходы не уменьшают базу	Минимальный налог и особенности признания расходов
Риск при M&A	Изменение эффективной ставки и налоговых активов/обязательств	Утрата режима при несоблюдении критериев	Утрата режима; изменение состава признаваемых расходов

Источник: составлено авторами на основе положений НК РФ [17].

Динамика налоговых поступлений и фактической налоговой нагрузки

Налог на прибыль заметно превосходит УСН по фискальному масштабу. Поступления налога на прибыль в консолидированный бюджет выросли с 6,08 трлн руб. в 2021 г. до 9,21 трлн руб. в 2025 г. (+51,4 %). Сумма исчисленного налога по УСН организаций увеличилась с 303,9 до 441,6 млрд руб. (+45,3 %), хотя в 2025 г. она снизилась относительно 2024 г. [18]. Показатели различаются по методике – в первом случае отражены бюджетные поступления, во втором начисленный налог, – однако они позволяют оценить масштаб двух режимов и их динамику.

Таблица 2
Динамика налога на прибыль и налога при УСН организаций в 2021–2025 гг.

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025	Изм. 2025/2021
Налог на прибыль: поступления, трлн руб.	6,08	6,36	7,92	8,05	9,21	+51,4 %
УСН организаций: исчисленный налог, млрд руб.	0,3	0,34	0,4	0,46	0,44	+45,3 %

Источник: составлено авторами по данным статистической налоговой отчетности ФНС России [18].

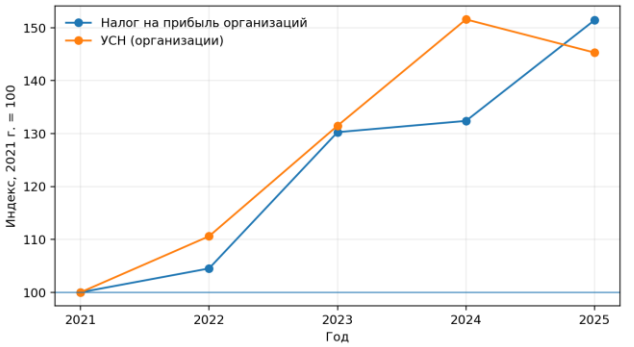


Рисунок 1 – Индекс динамики налога на прибыль и налога при УСН организаций, 2021 г. = 100
Источник: составлено авторами по данным таблицы 2.

В 2023–2025 гг. нагрузка по налогу на прибыль составляла 0,87; 0,76 и 0,82 % доходов. По УСН «доходы» она была значительно выше – 3,80; 3,77 и 3,54 %, а по объекту «доходы минус расходы» – около 1,2 %. Такое различие объясняется базой расчета: налог на прибыль взимается с финансового результата, тогда как при УСН «доходы» расходы вообще не уменьшают налоговую базу.

Для компаний на общей системе более показательной является эффективная ставка к налоговой базе. Она снизилась с 16,19 % в 2023 г. до 15,33 % в 2024 г., а после повышения основной ставки выросла до 19,01 % в 2025 г. Скорректированная ставка составила соответственно 17,22; 16,02 и 19,82 %. Разрыв между номинальной ставкой 25 % и фактическими значениями отражает влияние льгот, убытков и вычетов. Для M&A это принципиально: в модель нельзя автоматически закладывать ни номинальную ставку, ни исторически низкую эффективную ставку без проверки причин ее формирования [10, 11, 14–16].

Российский рынок M&A в 2021–2025 гг.

Таблица 3
Показатели фактической налоговой нагрузки организаций в 2023–2025 гг., %

Показатель	2023	2024	2025
Налог на прибыль: нагрузка к доходам	0,87	0,76	0,82
УСН «доходы»: нагрузка к доходам	3,80	3,77	3,54
УСН «доходы минус расходы»: нагрузка к доходам	1,19	1,21	1,19
Налог на прибыль: наблюдаемая эффективная ставка к налоговой базе	16,19	15,33	19,01
Налог на прибыль: скорректированная эффективная ставка	17,22	16,02	19,82

Источник: составлено авторами по данным статистической налоговой отчетности ФНС России [18].

Налоговая реформа 2025 г. совпала с охлаждением российского рынка корпоративного контроля. По данным AK&M, в 2021 г. было заключено 597 сделок на 46,47 млрд долл. США, в 2022 г. – 517 сделок, в 2023 г. – 536 сделок на 50,59 млрд долл., в 2024 г. – 499 сделок на 54,30 млрд долл. В 2025 г. показатели снизились до 399 сделок и 41,12 млрд долл. [19].

Снижение рынка нельзя объяснять только налогами: одновременно действовали дорогой кредит, ограничения трансграничных расчетов и изменение состава продавцов [1–4]. Но рост налогового изъятия при прочих равных также ухудшает экономику сделки, поэтому его необходимо оценивать вместе со стоимостью финансирования.

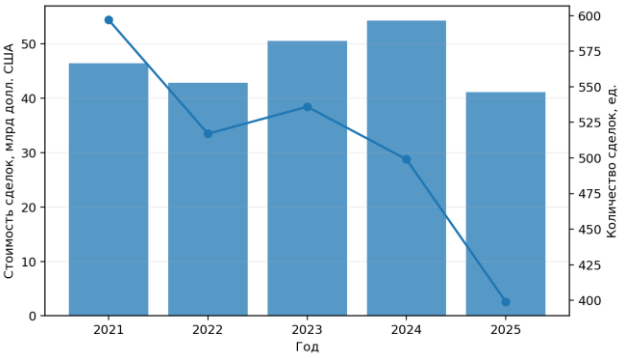


Рисунок 2 – Динамика российского рынка M&A в 2021–2025 гг.
Источник: составлено авторами по статистике агентства AK&M [19].

Каналы влияния налоговой нагрузки на сделки M&A

Наиболее прямой канал влияния налогов проходит через посленалоговый денежный поток. Если при неизменной операционной прибыли компания уплачивает больше налога, уменьшается свободный денежный поток и, следовательно, ее стоимость в доходной модели. Для покупателя это означает либо более низкую допустимую цену, либо необходимость большей синергии. Одновременно сокращаются внутренние ресурсы для первоначального платежа и обслуживания долга, что особенно чувствительно при высокой процентной ставке [4, 16].

Не менее важны налоговые риски и налоговые активы. Спорные расходы, неподтвержденные льготы и возможные доначисления учитываются при due diligence и могут привести к корректировке цены, escrow или специальным условиям о возмещении потерь [6]. Обратная ситуация возникает при наличии переносимых убытков, инвестиционных вычетов и пониженных ставок. Они способны добавить цели стоимость, но только если право на их применение сохранится после сделки и у компании будет достаточная налоговая база. Временное преимущество нельзя механически переносить на весь прогнозный период.

Для компаний на УСН существует дополнительный риск: смена собственника сама может изменить режим налогообложения. Если после приобретения не выполняются критерии УСН, прогноз должен строиться уже исходя из общей системы, включая налог на прибыль, НДС и дополнительные административные расходы [17, 20]. Кроме того, налоговые последствия зависят от юридической формы приобретения и способа расчетов. Зарубежные исследования подтверждают, что налоговая стратегия покупателя связана со структурой оплаты сделки [7]. Поэтому налоговый фактор влияет не только на ответ «покупать или нет», но и на конструкцию уже согласованной сделки.

Сопоставление налоговой нагрузки и M&A-активности

Наиболее сопоставимые данные имеются за 2023–2025 гг. В 2023 г. наблюдаемая эффективная ставка налога на прибыль составляла 16,19 %, а

стоимость российского рынка M&A – 50,59 млрд долл. США. В 2024 г. ставка снизилась до 15,33 %, стоимость рынка выросла до 54,30 млрд долл. В 2025 г. эффективная ставка увеличилась до 19,01 %, тогда как рынок сократился до 41,12 млрд долл., а число сделок – с 499 до 399.

Переход от 2024 к 2025 г. показателен по направлению изменений: эффективная ставка выросла на 3,68 процентного пункта, а стоимость рынка снизилась примерно на 24 %. Скорректированная ставка увеличилась с 16,02 до 19,82 %. Такое сочетание соответствует результатам международных исследований, где более высокая корпоративная налоговая нагрузка ассоциируется с меньшей привлекательностью приобретений [5, 8]. Экономический механизм понятен: при прочих равных более высокий налог снижает NPV приобретаемого бизнеса и делает часть пограничных проектов невыгодными.

Агрегированная статистика не позволяет отделить налоговый эффект от дорогого долга, санкционных ограничений и влияния крупных единичных сделок. Поэтому совпадение направления изменений подтверждает значимость налогового канала, но не показывает его долю в общем снижении M&A-активности.

Таблица 4

Эффективная ставка налога на прибыль и показатели российского рынка M&A в 2023–2025 гг.

Показатель	2023	2024	2025
Наблюдаемая эффективная ставка, %	16,19	15,33	19,01
Скорректированная эффективная ставка, %	17,22	16,02	19,82
Стоимость M&A, млрд долл. США	50,59	54,30	41,12
Количество M&A-сделок, ед.	536	499	399

Источник: составлено авторами по данным статистической налоговой отчетности ФНС России [18] и статистике AK&M [19].

Практические последствия для оценки и структурирования сделки

Для практической оценки компании-цели целесообразно использовать нормализованную эффективную ставку. Разовые убытки, инвестиционные вычеты и временные льготы следует отделять от устойчивой нагрузки, иначе прогноз свободного денежного потока будет искажен. Для цели на УСН разумно строить два сценария – сохранение режима и переход на общую систему после сделки. Если структура владения делает второй вариант неизбежным, именно он должен использоваться как базовый.

Налоговые преимущества включаются в цену только после проверки их юридической сохранности и экономической реализуемости. Тот же принцип действует и в отношении рисков: возможные доначисления должны отражаться не только в отчете due diligence, но и в цене либо договорных механизмах защиты [6, 13]. Чем выше общая налоговая нагрузка, тем дороже ошибка в оценке прошлых операций и тем важнее качество налоговой проверки.

На макроуровне повышение ставки увеличивает бюджетные поступления, но одновременно снижает посленалоговую доходность инвестиций. Поэтому применительно к рынку корпоративного контроля важно сопоставлять фискальный эффект с возможным влиянием налога на перераспределение капитала и инвестиционную активность [14, 15].

Заключение

Налоговая нагрузка является значимым, но не самостоятельным фактором M&A. Она влияет на посленалоговый денежный поток, долговую емкость, цену компании и распределение рисков [21]. Для организаций на УСН сделка может изменить сам налоговый режим, поэтому исторические показатели цели необходимо пересчитывать на условия после приобретения.

В 2025 г. наблюдаемая эффективная ставка по налогу на прибыль выросла до 19,01 %, а скорректированная – до 19,82 %; российский рынок M&A одновременно сократился до 399 сделок на 41,12 млрд долл. США. Прямой причинности эти данные не доказывают, но они согласуются с зарубежными исследованиями [5–8]. Для сделки это означает необходимость использовать нормализованную эффективную ставку, проверять сохранение специальных режимов и налоговых активов и учитывать результаты налогового due diligence непосредственно в цене.

Литература

1. Григорьева С. А., Скворцова И. В. Российский рынок слияний и поглощений. Новая реальность или вынужденная активность? // Российские корпорации на пути к антихрупкости. Финансовая архитектура компаний / И. В. Ивашковская [и др.]. – М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2025. – С. 174–189;
2. Власова Ю. А. Состояние российского рынка слияний и поглощений в текущих экономических условиях // Аудиторские ведомости. – 2025. – № 1. – С. 49–54. – DOI: 10.24412/1727-8058-2025-1-49-54;
3. Серов С. И., Мендукшева В. А. Анализ рынка сделок слияний и поглощений в России // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2024. – № 5-2 (111). – С. 137–141. – DOI: 10.24412/2411-0450-2024-5-2-137-141;
4. Барановский П. В. Формы и методы финансирования сделок на российском рынке слияний и поглощений (M&A) в 2022–2024 гг. // Экономический вестник. – 2025. – Т. 4. – № 4. – С. 53–59;
5. Bradley S., Carril-Caccia F., Yotov Y. V. Reassessing the Effects of Corporate Income Taxes on Mergers and Acquisitions Using Empirical Advances in the Gravity Literature // National Tax Journal. – 2025. – Vol. 78. – No. 4. – P. 821–861. – DOI: 10.1086/736219;
6. Hopkins P. L. Tax Indemnification and Unrecognized Tax Benefits in Mergers and Acquisitions // The Journal of the American Taxation Association. – 2024. – Vol. 46. – No. 1. – P. 113–135. – DOI: 10.2308/JATA-2022-035;
7. Chan K. H., He M., Mo P. L. L., Zhang W. Long-term tax strategy and corporate acquisition payment structure: An analysis based on the book-tax tradeoff theory // Journal of Contemporary Accounting & Economics. – 2024. – Vol. 20. – No. 3. – Article 100442. – DOI: 10.1016/j.jcae.2024.100442;
8. Russo K. Initial Company Responses to the Enactment of the Corporate Alternative Minimum Tax // National Tax Journal. – 2024. – Vol. 77. – No. 2. – P. 449–466. – DOI: 10.1086/730179;
9. Смирнова Е. Е., Сергеева И. А. Налогообложение прибыли организаций и налоговая реформа в Российской Федерации // Проблемы экономики и юридической практики. – 2025. – Т. 21. – № 3. – С. 254–260. – DOI: 10.33693/2541-8025-2025-21-3-254-260;
10. Мандрощенко О. В. Налоговая нагрузка на организацию: проблемы оценки и пути оптимизации // Вопросы региональной экономики. – 2023. – Т. 57. – № 4. – С. 204–210;
11. Ануреев С. В. Новый подход к расчету валовой добавленной стоимости и фактического налогового бремени по отраслям // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2025. – Т. 60. – № 3. – С. 63–83. – DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-60-3-4;
12. Дедова О. В., Ковалева Н. Н., Дворецкая Ю. А., Ермакова Л. В. Действительно ли упрощена «упрощенная система налогообложения»? // Вестник ИПБ (Вестник профессиональных бухгалтеров). – 2025. – № 2. – С. 10–17. – DOI: 10.51760/2308-9407_2025_2_10;
13. Гончаренко Л. И. Конструктив преференциальных налоговых режимов как детерминанта привлечения инвестиций в инновационное развитие России // Экономика. Налоги. Право. – 2024. – Т. 17. – № 3. – С. 156–166. – DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-3-156-166;
14. Кичко Н. И., Ложникова А. В., Куделина О. В., Эльмурзаева Р. А. Налог на прибыль как герой региональных бюджетов нашего времени // Journal of Institutional Studies. – 2024. – Т. 16. – № 3. – С. 49–67. – DOI: 10.17835/2076-6297.2024.16.3.049-067;
15. Богачёв С. В., Вишневский В. П. Налоговое стимулирование экономического роста в России: анализ с позиций налоговой динамичности // Terra Economicus. – 2024. – Т. 22. – № 2. – С. 22–38. – DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-22-38;
16. Harris P. Corporate Tax Law: Structure, Policy and Practice. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2024. – 664 p. – DOI: 10.1017/9781009429207;
17. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. по состоянию на 15.09.2026);
18. Федеральная налоговая служба. Данные по формам статистической налоговой отчетности [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/ (дата обращения: 15.09.2026);
19. AK&M. Рынок слияний и поглощений: итоги российского рынка M&A за 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. – URL: https://mergers.akm.ru/ (дата обращения: 15.09.2026);
20. Федеральная налоговая служба. Упрощенная система налогообложения: условия применения [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/taxes/usn/ (дата обращения: 15.09.2026);
21. Игнатова Н. А., Шишкин П. М., Микшин А. Д. Влияние национальных особенностей налогообложения прибыли при переносе убытков на стоимость компаний в сделках слияний и поглощений: российская практика в международном контексте // Экономическое развитие России. – 2026. – № 8. – С. 441–445;
22. Микшин, А. Д. Роль налогового контроля в обеспечении экономической безопасности / А. Д. Микшин // Современные подходы к обеспечению экономической безопасности: от теории - к практике в новой реальности : Монография. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2024. – С. 198–214;
23. Игнатова, Н. А. Система риск-ориентированного подхода к организации налогового контроля в Российской Федерации / Н. А. Игнатова, И. Ю. Маркушина // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 3(104). – С. 246–251;
24. Шишкин, П. М. Геоэкономическая фрагментация и рост стоимости капитала как факторы трансформации глобального и российского рынка слияний и поглощений / П. М. Шишкин // Экономика и предпринимательство. – 2026. – № 6(191). – С. 244–250. – DOI: 10.34925/EIP.2026.191.6.040.

The impact of corporate tax burden on m&a transactions

Ignatova N.A., Mikshin A.D., Shishkin P.M.
RANEPA (Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration), ATiSO (Academy of Labour and Social Relations)

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines how the corporate tax burden affects merger and acquisition (M&A) decisions in the Russian Federation. Corporate taxation is used in a functional sense and focuses on taxation of corporate profit and income; therefore, the analysis concentrates on corporate income tax and the simplified taxation system applicable to legal entities. Using Russian tax statistics for 2021–2025, the study compares corporate income tax receipts, tax liabilities of companies applying the simplified system, and several measures of the effective tax burden. The results show that statutory rates are insufficient for assessing the actual tax pressure on businesses. The observed effective corporate income tax rate amounted to 16.19% in 2023, 15.33% in 2024 and 19.01% in 2025, while revenue-based tax burden indicators differed considerably across tax regimes. The paper also compares these dynamics with the Russian M&A market. In 2025, the increase in the statutory corporate income tax rate to 25% and the rise in the effective tax burden coincided with a decline in both the aggregate value and the number of M&A transactions. This descriptive coincidence is not treated as causal evidence, but it is consistent with recent international research on the sensitivity of M&A activity to corporate taxation. The paper identifies the main transmission channels: after-tax cash flows and business valuation, financing capacity, tax due diligence and contingent liabilities, tax losses and investment incentives, and the risk of losing simplified tax status after a change in ownership.

Keywords: corporate taxation, tax burden, corporate income tax, simplified taxation system, mergers and acquisitions, M&A.

References

1. Grigoryeva S. A., Skvortsova I. V. The Russian mergers and acquisitions market. A new reality or forced activity? In: Russian Corporations on the Way to Antifragility. Financial Architecture of Companies / I. V. Ivashkovskaya et al. Moscow, HSE Publishing House, 2025, pp. 174–189. (In Russ.)
2. Vlasova Yu. A. The state of the Russian mergers and acquisitions market under current economic conditions. Auditorskie vedomosti [Audit Journal], 2025, no. 1, pp. 49–54. DOI: 10.24412/1727-8058-2025-1-49-54. (In Russ.)
3. Serov S. I., Mendukshev V. A. Analysis of the mergers and acquisitions market in Russia. Ekonomika i biznes: teoriya i praktika [Economics and Business: Theory and Practice], 2024, no. 5-2 (111), pp. 137–141. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-5-2-137-141. (In Russ.)
4. Baranovskiy P. V. Forms and methods of financing transactions in the Russian mergers and acquisitions (M&A) market in 2022–2024. Ekonomicheskiy vestnik [Economic Bulletin], 2025, vol. 4, no. 4, pp. 53–59. (In Russ.)
5. Bradley S., Carril-Caccia F., Yotov Y. V. Reassessing the effects of corporate income taxes on mergers and acquisitions using empirical advances in the gravity literature. National Tax Journal, 2025, vol. 78, no. 4, pp. 821–861. DOI: 10.1086/736219.
6. Hopkins P. L. Tax indemnification and unrecognized tax benefits in mergers and acquisitions. The Journal of the American Taxation Association, 2024, vol. 46, no. 1, pp. 113–135. DOI: 10.2308/JATA-2022-035.
7. Chan K. H., He M., Mo P. L. L., Zhang W. Long-term tax strategy and corporate acquisition payment structure: An analysis based on the book-tax tradeoff theory. Journal of Contemporary Accounting & Economics, 2024, vol. 20, no. 3, article 100442. DOI: 10.1016/j.jcae.2024.100442.
8. Russo K. Initial company responses to the enactment of the corporate alternative minimum tax. National Tax Journal, 2024, vol. 77, no. 2, pp. 449–466. DOI: 10.1086/730179.
9. Smirnova E. E., Sergeeva I. A. Corporate profit taxation and tax reform in the Russian Federation. Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki [Economic Problems and Legal Practice], 2025, vol. 21, no. 3, pp. 254–260. DOI: 10.33693/2541-8025-2025-21-3-254-260. (In Russ.)
10. Mandroshchenko O. V. Tax burden on an organisation: problems of assessment and ways of optimisation. Voprosy regionalnoy ekonomiki [Problems of Regional Economy], 2023, vol. 57, no. 4, pp. 204–210. (In Russ.)
11. Anureev S. V. A new approach to calculating gross value added and the actual tax burden across industries. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika [Moscow University Economics Bulletin], 2025, vol. 60, no. 3, pp. 63–83. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-60-3-4. (In Russ.)
12. Dedova O. V., Kovaleva N. N., Dvoretskaya Yu. A., Ermakova L. V. Is the "simplified taxation system" really simplified? Vestnik IPB (Vestnik professionalnykh bukhgalterov) [Bulletin of the Institute of Professional Accountants], 2025, no. 2, pp. 10–17. DOI: 10.51760/2308-9407_2025_2_10. (In Russ.)
13. Goncharenko L. I. The design of preferential tax regimes as a determinant of attracting investment into Russia's innovative development. Ekonomika. Nalogi. Pravo [Economics, Taxes & Law], 2024, vol. 17, no. 3, pp. 156–166. DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-3-156-166. (In Russ.)
14. Kichko N. I., Lozhnikova A. V., Kudelina O. V., Elmurzaeva R. A. Corporate income tax as the hero of regional budgets of our time. Journal of Institutional Studies, 2024, vol. 16, no. 3, pp. 49–67. DOI: 10.17835/2076-6297.2024.16.3.049-067. (In Russ.)
15. Bogachev S. V., Vishnevsky V. P. Tax incentives for economic growth in Russia: an analysis from the standpoint of tax dynamism. Terra Economicus, 2024, vol. 22, no. 2, pp. 22–38. DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-22-38. (In Russ.)
16. Harris P. Corporate Tax Law: Structure, Policy and Practice. 2nd ed. Cambridge, Cambridge University Press, 2024. 664 p. DOI: 10.1017/9781009429207.
17. Tax Code of the Russian Federation (Part Two) of 5 August 2000 No. 117-FZ (as amended as at 15 September 2026). (In Russ.)
18. Federal Tax Service of Russia. Data on statistical tax reporting forms. Available at: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/ (accessed 15 September 2026). (In Russ.)
19. AK&M. Mergers and acquisitions market: results of the Russian M&A market for 2021–2025. Available at: https://mergers.akm.ru/ (accessed 15 September 2026). (In Russ.)
20. Federal Tax Service of Russia. Simplified taxation system: conditions of application. Available at: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/taxes/usn/ (accessed 15 September 2026). (In Russ.)
21. Ignatova N. A., Shishkin P. M., Mikshin A. D. The impact of national specifics of profit taxation on loss carry-forward and company value in mergers and acquisitions: Russian practice in the international context. Ekonomicheskoe razvitie Rossii [Economic development of Russia], 2026, no. 8, pp. 441–445. (In Russ.)
22. Mikshin A. D. The role of tax control in ensuring economic security. In: Modern Approaches to Ensuring Economic Security: from Theory to Practice in the New Reality. Monograph. Moscow, RuScience, 2024, pp. 198–214. (In Russ.)
23. Ignatova N. A., Markushina I. Yu. A system of the risk-based approach to organising tax control in the Russian Federation. Ekonomika i predprinimatelstvo [Journal of Economy and Entrepreneurship], 2019, no. 3 (104), pp. 246–251. (In Russ.)
24. Shishkin P. M. Geoeconomic fragmentation and the rising cost of capital as factors in the transformation of the global and Russian mergers and acquisitions market. Ekonomika i predprinimatelstvo [Journal of Economy and Entrepreneurship], 2026, no. 6 (191), pp. 244–250. DOI: 10.34925/EIP.2026.191.6.040. (In Russ.)

Гибридная модель GSADF + LSTM-RNN для выявления ценовых пузырей на акциях российских технологических компаний

Кравченко Владислав Владимирович
аспирант, кафедра эконометрики и математических методов экономики, Московская школа экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, kravchenko.v.vladislav@gmail.com

Работа посвящена методам идентификации ценовых пузырей на фондовом рынке, соединяющие эконометрические тесты на взрывное поведение цен с алгоритмами машинного обучения. В качестве объекта исследования были собраны акции семи российских технологических компаний Московской биржи (Яндекс, Ozon Holdings, Positive Technologies, VK, МТС, Группа Астра, Softline) за 2014–2026 гг. с целью апробации двухэтапной гибридной схемы, в которой датирующая статистика BSADF из семейства тестов GSADF (Phillips, Shi, Yu, 2015) задает разметку пузырных эпизодов, а рекуррентная сеть LSTM обучается распознавать смену режима по комбинации ценовых признаков и финансовых мультипликаторов (P/E, P/S, EV/EBITDA). Специфику развивающегося рынка (короткую историю торгов, дисбаланс классов, структурные шоки) методология учитывает за счет BSADF-теста с подвижной начальной точкой окна, адаптивного порога разметки, «walk-forward» валидации без утечки данных из будущего и балансировки классов (SMOTE, ограничение весов). Качество работы модели проверено на временном ряду акций Tesla (2014–2024 гг.), где общепризнанный пузырь 2020–2021 гг. распознается с чувствительностью около 0,8. На российских данных выявлены эпизоды взрывного роста у Яндекса (2020–2021 гг. и 2024 г.) и Positive Technologies (2022–2023 гг. и 2025 г.). Итогом работы служит апробация связки GSADF и LSTM-RNN на данных российского технологического сектора и вытекающие из нее рекомендации построения гибридных моделей для развивающегося российского рынка технологических компаний.

Ключевые слова: ценовой пузырь, GSADF, BSADF, LSTM, рекуррентные нейронные сети, машинное обучение, российский фондовый рынок, технологические компании, гибридные модели.

Введение

Современные финансовые рынки отличаются высокой волатильностью, ускорением информационных потоков и растущей долей розничных инвесторов; все это повышает риск формирования ценовых пузырей и последующих резких коррекций. Кризисы последних десятилетий, от краха доткомов до пандемийного шока 2020 г., показывают, что пузыри остаются системным риском и для регуляторов и эмитентов, и для частных инвесторов. Актуальность темы усиливает глобальное ралли акций компаний, связанных с искусственным интеллектом, в 2023–2025 гг.

На российском рынке задача осложнена институциональной спецификой – короткой историей торгов по большинству технологических эмитентов, невысокой по мировым меркам ликвидностью и серией структурных шоков 2014, 2020 и 2022 гг., при которых предпосылки стационарности и стабильности параметров эконометрических моделей не выполняются. В этих условиях оправданы гибридные подходы, соединяющие строгий эконометрический аппарат датировки пузырей с гибкостью машинного обучения.

Цель работы – апробировать двухэтапную гибридную модель GSADF + LSTM-RNN на данных российских технологических компаний и вывести на этой основе принципы построения подобных моделей для развивающегося рынка России. Задачи: (1) датировать эпизоды взрывного роста цен средствами датирующей BSADF-статистики; (2) сопоставить выявленные эпизоды с динамикой финансовых мультипликаторов; (3) обучить LSTM-классификатор пузырных режимов и оценить его качество в схеме «walk-forward», с валидацией на позитивном контроле; (4) определить условия, при которых гибридная схема сохраняет работоспособность на коротких рядах. Центральный методологический вклад работы спецификация датирующего BSADF-теста, адаптированная к особенностям развивающегося рынка, применение эконометрического теста, как источника проверяемой разметки для машинного обучения. Забегая вперед, качество классификатора оказывается функцией глубины данных, этот контраст лежит в основе выводимых принципов.

Теоретические основы анализа пузырей заложены в работах Р. Шиллера [5], показавшего избыточную волатильность цен акций относительно дисконтированных дивидендов, и О. Бланшара и М. Уотсона [1], формализовавших концепцию рациональных пузырей. Современный эконометрический стандарт датировки пузырей, а именно семейство тестов SADF/GSADF П. Филлипса, С. Ши и Дж. Ю [2; 3], в которых нулевая гипотеза случайного блуждания тестируется против альтернативы взрывного корня ($\rho > 1$) на множестве подвыборок с подвижными границами. Альтернативную линию образуют модели лог-периодического степенного закона Д. Сорнетта [4].

Методы машинного обучения трактуют выявление пузырей как классификацию рыночных режимов или обнаружение аномалий. Применяются деревья решений и бустинг, глубокие нейронные сети [7], сетевые индикаторы режимных переключений [8]. Их сильная сторона заключается в работе со стохастическими процессами и высокоразмерными признаками, при склонности к переобучению на коротких рядах и ограниченной интерпретируемости (проблема «черного ящика»).

Гибридные конфигурации соединяют сильные стороны обоих классов методов, компенсируя их слабости. В литературе выделяются три типа таких конфигураций: (1) двухэтапные схемы, где эконометрические тесты формируют индикаторы перегрева, а модели машинного обучения распознают их комбинации, –пример для рынка S&P 500 дан в работе Ф. Башоглу-Кабран и К. Юнлю [9], для развивающихся рынков [10]; (2) ансамблевые и стеккинговые модели, агрегирующие выходы нескольких эконометрических процедур [11]; (3) интерпретируемо-ориентированные подходы, где машинное обучение ранжирует факторы, а итоговый вывод формулируется по эконометрическим критериям [12].

Эмпирическая база включает дневные котировки семи российских технологических компаний с листингом на Московской бирже: Яндекс (YNDX/YDEX), Ozon Holdings (OZON), Positive Technologies (POSI), VK (VKCO), МТС (MTSS), Группа Астра (ASTR) и Softline (SOFL). Данные получены с Московской биржи и охватывают период с июня 2014 г. по апрель 2026 г., суммарно более 10 000 торговых наблюдений. Для Яндекса ряды YNDX (до приостановки торгов в 2022 г.) и YDEX (после корпоративной реорганизации 2024 г.) соединены в единый ряд с устранением дубликатов (итоговая длина ряда – 3027 наблюдений). Динамика нормализованных цен пяти ключевых эмитентов представлена на рисунке (см. Рис. 1).

Финансовая отчетность по МСФО за 2021–2025 гг. собрана с платформы Smart-Lab. По каждой компании загружено от 54 до 63 показателей, из которых для моделирования взяты мультипликаторы P/E, P/S, EV/EBITDA, а также выручка, EBITDA, чистая прибыль и свободный денежный поток. Годовые значения мультипликаторов интерполированы на дневную сетку (линейная интерполяция между отчетными датами).

Расчетный контур включает позитивный контроль на основе котировок Tesla за 2014–2024 гг. (источник – Yahoo Finance), содержащий общепризнанный пузырь 2020–2021 гг. На этом ряду взрывная фаза 2020–2021 гг. распознается устойчиво (чувствительность около 0,8, F1-мера около 0,53, AUC

около 0,95 и доля ложных тревог около 0,06), что подтверждает работоспособность модели.

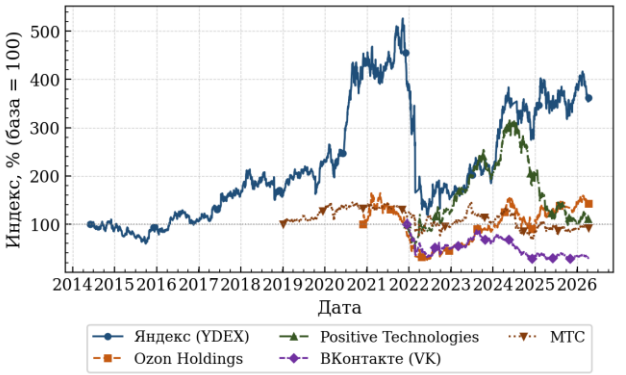


Рисунок 1 – Нормализованные индексы цен акций российских IT-компаний, 2014–2026 гг.
Источник: составлено автором по данным MOEX.

Ядром двухэтапной архитектуры является выбор датирующего теста. Мы используем датирующую статистику BSADF из семейства GSADF [2; 3] с подвижной начальной точкой окна. В каждый момент t берется супремум t-статистик коэффициента ρ в регрессии $\Delta y(\tau) = \mu + \rho \cdot y(\tau-1) + \varepsilon(\tau)$ по множеству окон $[t_0; t]$ с перебором начальной точки t_0 (минимальная длина окна – 60 торговых дней, максимальная – 504, шаг – 8 наблюдений). Превышение статистикой критического уровня трактуется как эпизод взрывного роста.

BSADF-тест проверяет статистическую нулевую гипотезу единичного корня (случайного блуждания) против альтернативы взрывного корня ($\rho > 1$) это статистическое свойство ряда («price explosiveness»). Спекулятивный пузырь – экономическая интерпретация, где устойчивое отклонение цены от фундаментальной стоимости. Вклад работы в том и состоит, чтобы использовать статистически датированные BSADF-эпизоды как разметку пузырных режимов, тогда как их экономическая природа устанавливается отдельным шагом с сопоставлением мультипликаторов и посткризисной динамики. На развивающемся рынке со структурными шоками взрывная динамика может отражать не спекуляцию, а скачкообразную переоценку после разрыва торгов или монетарной переоценки.

Наблюдение помечается как пузырь, если BSADF-статистика превышает адаптивный порог max(p90; 0,5), где p90 – 90-й процентиль эмпирического распределения статистики.

Вектор из семи признаков (BSADF-статистика, дневная лог-доходность, 30-дневная скользящая волатильность, 60-дневный моментум, интерполированные P/E, P/S и EV/EBITDA) подается на вход рекуррентной сети LSTM(64) → Dropout(0,3) → LSTM(32) → Dropout(0,2) → Dense(16, ReLU) → Dense(1, sigmoid) с длиной входной последовательности 30 дней (рисунок 2). Порог классификации понижен до 0,40. При дисбалансе классов порядка 90:10 стандартный порог 0,5 дает вырожденный прогноз, что пузыря нет. Передискретизация SMOTE выполняется на уровне последовательностей, где 30-дневное окно признаков разворачивается в единый вектор, и SMOTE интерполирует только между пузырными окнами, то есть по ближайшим соседям в пространстве развернутых окон, а не случайным парам, сохраняя временную структуру участка. Качество оценивается в схеме «walk-forward» (три блока). Площадь под ROC-кривой (AUC) вычисляется внутри каждого блока и усредняется, предсказания разных блоков обучены отдельными моделями и имеют несопоставимый масштаб вероятностей. Остальные метрики – матрицы ошибок, чувствительность (TPR) и доля ложно-положительных результатов(FPR), устойчивость оценок проверяется усреднением по нескольким инициализациям сети.

По итогу разметки BSADF-статистика выявляет у Яндекса краткие эпизоды взрывного роста в 2016 и 2018 гг. и два продолжительных. Первый приходится на 2020–2021 гг. и совпадает с пандемийным ралли технологических акций, второй –на 2024 г., ралли после возобновления торгов под тикером YDEX по завершении корпоративной реорганизации. Отдельный всплеск статистики в 2022 г. отражает скачкообразное восстановление котировок после возобновления торгов в марте 2022 г. У Positive Technologies эпизоды приходятся на 2022–2023 гг. и повторно на 2025 г. (см. Рис. 4). Для эпизода Яндекса 2020–2021 гг. порог разметки впервые превышен 6 июля 2020 г., тогда как максимум котировок (около 6160 руб.) достигнут лишь 8 ноября 2021 г. более чем за год до пика, что представляет интерес с точки зрения формирования долгосрочных прогнозов и стратегического планирования.

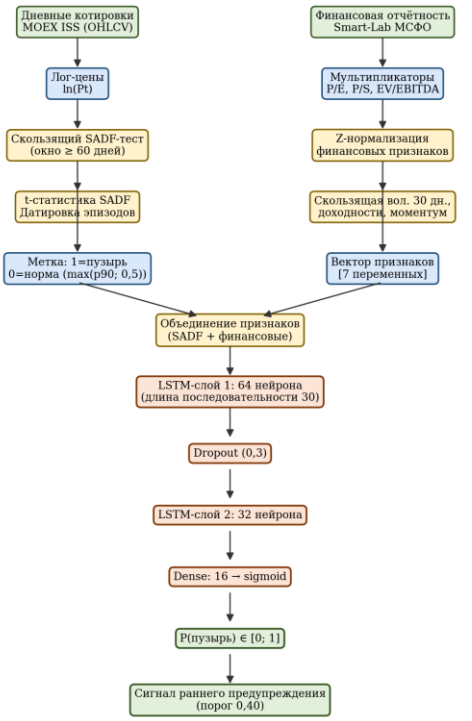


Рисунок 2 – Блок-схема гибридной модели GSADF + LSTM-RNN
Источник: составлено автором.

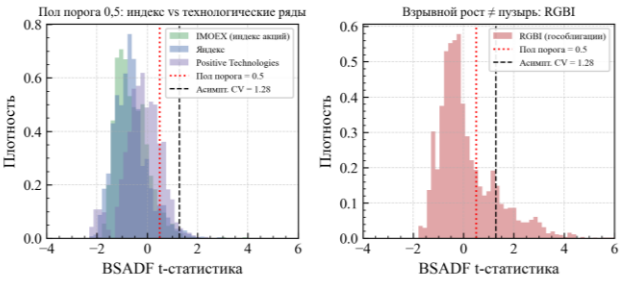


Рисунок 3 – Распределение датирующей BSADF-статистики для непузырных бенчмарков (RGBI, IMOEX) и технологических рядов
Источник: рассчитано автором по данным MOEX ISS.

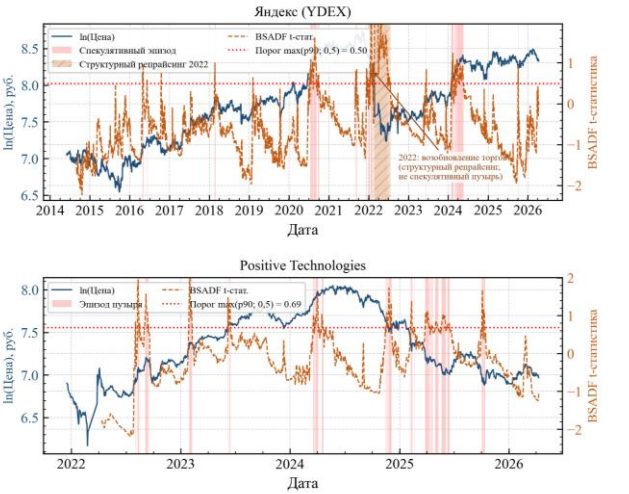


Рисунок 4 – Результаты BSADF-теста: лог-цены, датирующая статистика и эпизоды взрывного роста
Источник: рассчитано автором по данным MOEX ISS.

Сопоставление эпизодов с финансовыми мультипликаторами подтверждает спекулятивный характер роста (см. Таб. 1, Рис. 5). Соответствие выявленных пузырей действительности подтверждается посткризисной динами-

кой цен. Каждый датированный эпизод сопровождается выраженным взрывным ростом с последующей коррекцией. Например, эпизод Яндекса 2020–2021 гг. завершился обвалом котировок примерно на 77 % от пика ноября 2021 г., ралли перелистинга 2024 г. предвосхищал рост более чем вдвое, а перегрев Positive Technologies 2024 г. сменился просадкой около 43 %. Сочетание взрывного роста с последующим падением указывает именно на пузырь, а не на устойчивую переоценку.

Таблица 1
Эпизоды перегрева и их фундаментальный фон

Компания	Период эпизода	Мультипликаторы в фазе перегрева	Экономический контекст	Метод идентификации
Яндекс	2020–2021; 2024	P/E = 204,3 по итогам 2022 г. (капитализация фазы роста при обвале прибыли); нормализация до 15,4 к 2025 г.	Пандемийное ралли технологических акций; ралли после перелистинга YDEX	BSADF-тест
Positive Technologies	2022–2023; 2025	P/E = 29,8; EV/EBITDA = 21,6; P/S = 8,0 (2022); повторный рост P/E до 39,1 (2025)	Импортозамещение в кибербезопасности после ухода иностранных вендоров	BSADF-тест
Группа Астра*	2023–2024	P/E = 22,7–23,7; EV/EBITDA = 23,3–24,0; P/S = 11–13	IPO-ажиотаж, оценка на ожиданиях роста	Мультипликаторная диагностика
Ozon Holdings*	2021	P/E < 0 (устойчивый убыток); P/S > 10 в пике 2021 г.	Спекулятивная ставка на будущий рост e-commerce	Мультипликаторная диагностика

Источник: расчеты автора по данным MOEX ISS и Smart-Lab.

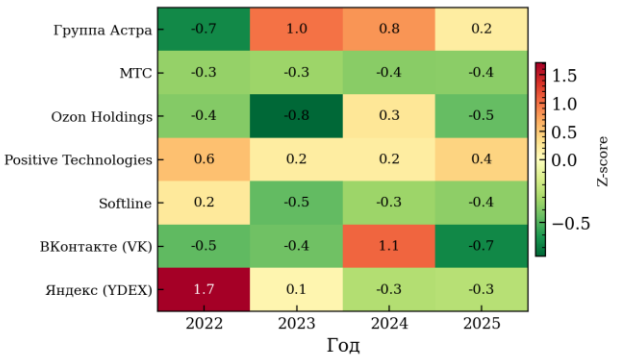


Рисунок 5 – Сводная карта пузырного риска: z-score по мультипликаторам P/E, P/S, EV/EBITDA, 2022–2025 гг.
Источник: рассчитано автором по данным Smart-Lab.

Результаты оценки качества LSTM-модели показаны на рисунках 6 и 7. Для Яндекса первые два блока валидации исключены автоматическим фильтром. На третьем блоке (обучение на 2014–2023 гг., тест на 2023–2026 гг., 726 наблюдений, из них 62 пузырных) модель дает AUC около 0,98 при чувствительности около 0,99. Таким образом при усреднении по нескольким инициализациям сети AUC составляет 0,985 ± 0,002. Доля ложных тревог при пороге классификации 0,40 составляет около 24 % (около 21 % при пороге 0,50); практически все размеченные BSADF пузырные наблюдения, включая эпизод перелистинга 2024 г., распознаны, а ложные срабатывания сосредоточены на границах эпизодов, где модель сигнализирует с небольшим опережением и запаздыванием относительно формальной разметки. Поэтому для практики релевантна не столько точечная классификация, сколько ранняя сигнализация: при AUC ≈ 0,98 аналитик выбирает рабочую точку под допустимое число ложных тревог, а высокая полнота гарантирует, что реальные эпизоды не пропущены.

У Positive Technologies на коротком ряду (1157 наблюдений) валидация проходит на трех блоках, и модель извлекает значимый, но неустойчивый сигнал. Усредненная по блокам площадь под ROC-кривой составляет 0,73 ± 0,10 заметно выше уровня случайного классификатора, однако от блока к блоку колеблется в широком диапазоне (в отдельных блоках от 0,42 до 0,99). Ключевой контраст с Яндексом не в наличии сигнала, а в его надежности: разброс AUC у Positive Technologies (±0,10) на два порядка выше, чем у Яндекса (±0,002). Тем самым эмпирически обосновывается принцип глубины данных. Она определяет не столько сам факт распознавания, сколько его устойчивость.

Полученные результаты позволяют сформулировать три рекомендации построения гибридных моделей выявления пузырей для развивающихся технологического российского рынка. Первый – приоритет экономически интерпретируемых признаков (мультипликаторов) над сырыми ценовыми, ради устойчивости, полноты и экономической осмысленности сигнала. Экономически интерпретируемый признак («переоценка по P/E») пригоден для обоснования регуляторных и инвестиционных решений, тогда как непрозрачный технический паттерн – нет.

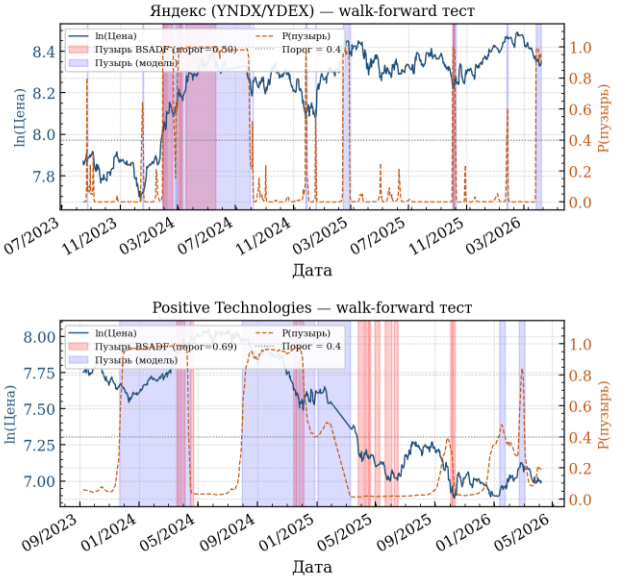


Рисунок 6 – Вероятность ценового пузыря P(пузырь): LSTM-RNN, walk-forward тест
Источник: рассчитано автором.

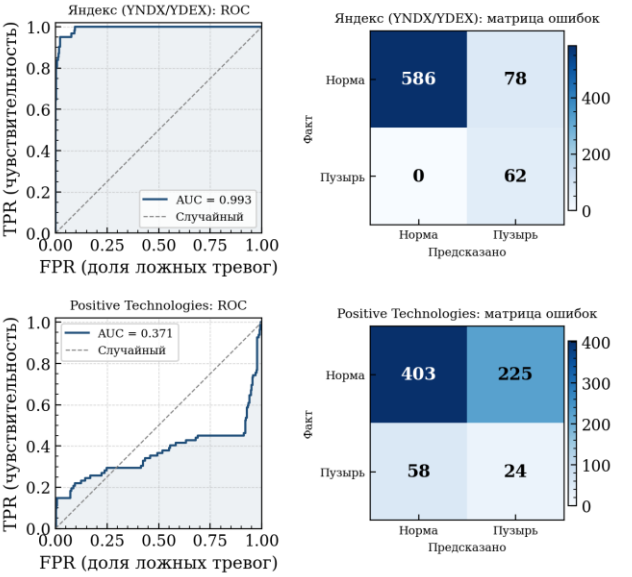


Рисунок 7 – Качество классификации: ROC-кривые и матрицы ошибок (порог 0,40)
Источник: рассчитано автором.

Второй принцип – явная связь разметки с проверяемой статистической гипотезой. BSADF-статистика тестирует нулевую гипотезу случайного блуждания против взрывного корня и дает метку, которую можно опровергнуть или подтвердить. Альтернатива (пороговая разметка по доходности (например, «пузырь, если доходность превысила 3σ за 30 дней»)) постулирует пузырь по произвольному правилу, не отделяя взрывной корень от обычной высокой волатильности, а получаемые метки непроверяемы и меняются с выбором σ и окна.

Третий принцип – учет глубины данных, для которого случай Positive Technologies служит не эмпирической неудачей, а теоретической границей применимости.

Из контраста Яндекс/POSI можно вывести конкретные требования. Работоспособность обеспечивается не абсолютным числом наблюдений самим по себе, а тем, чтобы обучающее окно «walk-forward» содержало хотя бы один пузырный эпизод, родственный тестовому, и давало тестовый блок с достаточным числом положительных меток. Между 1157 наблюдениями, на которых сигнал значим,

но неустойчив, и 3027 наблюдениями, на которых он стабилен, лежит практическая нижняя граница порядка 1500–2000 торговых наблюдений (шесть-восемь лет дневных котировок) при доле пузырных меток не менее 2 %. Вне этой области модель применять не следует, а ее неустойчивость на коротких рядах является корректной работой самодиагностики, а не ошибкой.

При прикладном использовании разработанной модели необходимо учитывать, что использованы асимптотические, а не бутстреп-критические значения BSADF. Перебор начальной точки окна с шагом 8 наблюдений есть вычислительный компромисс относительно полного GSADF. Институциональные шоки 2022 г. (приостановка и возобновление торгов, делистинг и перелистинг) не имеют аналогов в обучающей выборке, и часть взрывных сигналов этого периода отражает скачкообразную переоценку после разрывов торгов, а не классическую спекулятивную динамику. Глубина годовой отчетности (четыре-пять наблюдений на компанию) ограничивает мощность фундаментальной верификации, а интерполяция годовых мультипликаторов на дневную сетку сглаживает внутригодовую динамику. Наконец, разметка BSADF сама является оценкой, а не наблюдаемой истиной, поэтому метрики характеризуют согласованность двух методов, а не точность относительно объективного эталона.

Заключение

В задаче выявления пузырей классические эконометрические тесты и алгоритмы машинного обучения взаимно дополняют друг друга. GSADF/BSADF обеспечивает статистически обоснованную датировку, LSTM распознает сложные нелинейные комбинации индикаторов перегрева. На российском технологическом секторе гибридная модель выявила эпизоды взрывного роста у Яндекса (2020–2021 и 2024 гг.) и Positive Technologies (2022–2023 и 2025 гг). Впервые проведена эмпирическая апробация двухэтапной схемы GSADF с LSTM-RNN на данных российского технологического сектора за 2014–2026 гг. с количественной оценкой зависимости качества классификации от глубины данных. Ближайшие направления дальнейшей работы это полный GSADF с бутстреп-критическими значениями, переход на квартальную отчетность и мотивированный найденными ограничениями модуль анализа тональности новостного потока, способный отделить фундаментальную переоценку от спекулятивного ажиотажа там, где мультипликаторы не эффективны.

Литература

1. Blanchard O. J., Watson M. W. Bubbles, Rational Expectations and Financial Markets // Crises in the Economic and Financial Structure / ed. by P. Wachtel. Lexington: Lexington Books, 1982. P. 295–315.
2. Phillips P. C. B., Shi S., Yu J. Testing for Multiple Bubbles: Historical Episodes of Exuberance and Collapse in the S&P 500 // International Economic Review. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 1043–1078.
3. Phillips P. C. B., Shi S., Yu J. Testing for Multiple Bubbles: Limit Theory of Real-Time Detectors // International Economic Review. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 1079–1134.
4. Sornette D. Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems. Princeton: Princeton University Press, 2003. 448 p.
5. Shiller R. J. Do Stock Prices Move Too Much to be Justified by Subsequent Changes in Dividends? // American Economic Review. 1981. Vol. 71. No. 3. P. 421–436.
6. Atsiwo A. A three-step machine learning approach to predict market bubbles with financial news // arXiv. 2025. arXiv:2510.16636. DOI: 10.48550/arXiv.2510.16636.
7. Bashchenko O., Marchal A. Deep Learning for Asset Bubbles Detection // arXiv. 2020. arXiv:2002.06405. DOI: 10.48550/arXiv.2002.06405.
8. An S., Gao X., An F., Wu T. Early warning of regime switching in a complex financial system from a spillover network dynamic perspective // iScience. 2025. Vol. 28. No. 3. Art. 111924. DOI: 10.1016/j.isci.2025.111924.
9. Başoğlu Kabran F., Ünlü K. D. A two-step machine learning approach to predict S&P 500 bubbles // Journal of Applied Statistics. 2021. Vol. 48. No. 13–15. P. 2776–2794. DOI: 10.1080/02664763.2020.1823947.
10. Huynh T. T. Financial bubble detection using GSADF and LSTM-RNN model: evidence from emerging markets // International Journal of Applied and Actuarial Studies. 2025. URL: https://etamaths.com/index.php/ijaa/article/view/4165 (дата обращения: 22.02.2026).
11. Park S., Yang J.-S. Machine learning models based on bubble analysis for Bitcoin market crash prediction // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 135. Art. 108857. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.108857.
12. Щербинина А. В., Алжеев А. В. Сравнительный анализ качества прогнозирования классической статистической модели и модели машинного обучения на данных российского фондового рынка // Ученые записки Российской академии предпринимательства. 2021. Т. 20. № 3. С. 52–63. DOI: 10.24182/2073-6258-2021-20-3-52-63.
13. Кондратенко Н. А., Батищев А. В., Чепрасова А. С. Машинное обучение vs эконометрика: методологический анализ экономического прогнозирования // ЕГИ. 2025. № 2 (58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-vs-ekonometrika-metodologicheskiy-analiz-ekonomicheskogo-prognozirovaniya (дата обращения: 22.02.2026).

Hybrid GSADF + LSTM-RNN model for detecting price bubbles in Russian technology stocks

Kravchenko V.V.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The study focuses on methods for identifying price bubbles in the stock market by combining econometric tests for explosive price behavior with machine learning algorithms. The empirical sample includes the stocks of seven Russian technology companies listed on the Moscow Exchange (Yandex, Ozon Holdings, Positive Technologies, VK, MTS, Astra Group, and Softline) over the period from 2014 to 2026. The study tests a two-stage hybrid framework in which the BSADF dating statistic from the GSADF family of tests (Phillips, Shi, Yu, 2015) is used to label bubble episodes, while a recurrent LSTM network is trained to identify regime shifts using a combination of price-based indicators and financial multiples (P/E, P/S, EV/EBITDA). The methodology takes into account the specific features of an emerging market, including short trading histories, class imbalance, and structural shocks, by applying a BSADF test with a moving starting point of the estimation window, an adaptive labeling threshold, walk-forward validation without future data leakage, and class balancing techniques (SMOTE and weight constraints). The model is validated using Tesla stock data for 2014–2024, where the widely recognized 2020–2021 bubble is identified with a sensitivity of approximately 0.8. For Russian stocks, episodes of explosive growth are identified for Yandex in 2020–2021 and 2024 and for Positive Technologies in 2022–2023 and 2025. The main result of the study is the empirical testing of the GSADF and LSTM-RNN combination on data from the Russian technology sector and the formulation of recommendations for constructing hybrid bubble-detection models for the emerging Russian technology market.

Keywords: price bubble, GSADF, BSADF, LSTM, recurrent neural networks, machine learning, Russian stock market, technology companies, hybrid models.

References

1. Blanchard O. J., Watson M. W. Bubbles, Rational Expectations and Financial Markets // Crises in the Economic and Financial Structure / ed. by P. Wachtel. Lexington: Lexington Books, 1982. P. 295–315.
2. Phillips P. C. B., Shi S., Yu J. Testing for Multiple Bubbles: Historical Episodes of Exuberance and Collapse in the S&P 500 // International Economic Review. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 1043–1078.
3. Phillips P. C. B., Shi S., Yu J. Testing for Multiple Bubbles: Limit Theory of Real-Time Detectors // International Economic Review. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 1079–1134.
4. Sornette D. Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems. Princeton: Princeton University Press, 2003. 448 p.
5. Shiller R. J. Do Stock Prices Move Too Much to be Justified by Subsequent Changes in Dividends? // American Economic Review. 1981. Vol. 71. No. 3. P. 421–436.
6. Atsiwo A. A Three-Step Machine Learning Approach to Predict Market Bubbles with Financial News // arXiv. 2025. arXiv:2510.16636. DOI: 10.48550/arXiv.2510.16636.
7. Bashchenko O., Marchal A. Deep Learning for Asset Bubbles Detection // arXiv. 2020. arXiv:2002.06405. DOI: 10.48550/arXiv.2002.06405.
8. An S., Gao X., An F., Wu T. Early Warning of Regime Switching in a Complex Financial System from a Spillover Network Dynamic Perspective // iScience. 2025. Vol. 28. No. 3. Art. 111924. DOI: 10.1016/j.isci.2025.111924.
9. Başoğlu Kabran F., Ünlü K. D. A Two-Step Machine Learning Approach to Predict S&P 500 Bubbles // Journal of Applied Statistics. 2021. Vol. 48. No. 13–15. P. 2776–2794. DOI: 10.1080/02664763.2020.1823947.
10. Huynh T. T. Financial Bubble Detection Using GSADF and LSTM-RNN Model: Evidence from Emerging Markets // International Journal of Applied and Actuarial Studies. 2025. URL: https://etamaths.com/index.php/ijaa/article/view/4165 (accessed: 22.02.2026).
11. Park S., Yang J.-S. Machine Learning Models Based on Bubble Analysis for Bitcoin Market Crash Prediction // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 135. Art. 108857. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.108857.
12. Shcherbinina A. V., Alzheev A. V. Comparative Analysis of the Forecasting Quality of a Classical Statistical Model and a Machine Learning Model Using Russian Stock Market Data // Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. 2021. Vol. 20. No. 3. P. 52–63. DOI: 10.24182/2073-6258-2021-20-3-52-63. (In Russian).
13. Kondratenko N. A., Batishchev A. V., Cheprasova A. S. Machine Learning vs Econometrics: A Methodological Analysis of Economic Forecasting // EGI. 2025. No. 2 (58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-vs-ekonometrika-metodologicheskiy-analiz-ekonomicheskogo-prognozirovaniya (accessed: 22.02.2026).

Методика оценки кредитного качества эмитентов цифровых финансовых активов на основе публично доступных данных

Куницкий Максим Максимович
аспирант, кафедры мировой экономики, финансов и страхования, Академия труда и социальных отношений, makdotii@mail.ru

Число компаний, привлекающих финансирование только через цифровые финансовые активы и не выходящих на облигационный рынок, выросло в России с 62 в 2023 году до 161 в 2025 году. Подавляющее большинство таких эмитентов не имеет кредитных рейтингов, а все дефолты 2025 года пришлись именно на них. Процедура рейтингования занимает от четырёх до восьми недель и стоит сотни тысяч рублей, что несопоставимо с экономикой выпуска объёмом 100–300 млн руб. сроком в один месяц. В статье предложена методика экспресс-оценки кредитного качества эмитента ЦФА, построенная на интегральном показателе из пяти блоков факторов с весовыми коэффициентами. Принципиальное отличие подхода состоит в опоре только на публичные источники: государственный информационный ресурс бухгалтерской отчётности, картотеку арбитражных дел, банк данных исполнительных производств. Показатель рассчитывается без участия эмитента. Предложена шкала из пяти категорий с дифференцированным режимом допуска неквалифицированных инвесторов.

Ключевые слова: цифровые финансовые активы, кредитное качество эмитента, кредитный риск, скоринговая модель, информационная асимметрия, защита инвесторов.

Введение

Российский рынок цифровых финансовых активов (далее — ЦФА) прошёл путь от 0,73 млрд руб. пилотных сделок в 2022 году до 1,65 трлн руб. размещений в 2025 году. Рост сопровождался расширением круга эмитентов: по данным Банка России, число компаний, размещавших ЦФА и при этом не выходивших на облигационный рынок, увеличилось с 62 в 2023 году до 161 в 2025 году. Для этих компаний ЦФА стали не альтернативным, а единственным каналом публичного долгового финансирования.

Обратная сторона доступности проявилась в 2025 году, когда рынок столкнулся с первыми дефолтами: 11 эмитентов не исполнили обязательства по 12 выпускам на сумму около 1,4 млрд руб. Доля потерь составила 0,2% рынка и сама по себе невелика, однако значима характеристика дефолтной группы. Это частные компании, не имевшие публичных кредитных рейтингов и не раскрывавшие отчётность добровольно [15]. Рейтинговое агентство «Эксперт РА» прогнозирует рост числа дефолтов примерно до 25 в 2026 году.

Инвестор, приобретающий такой актив, принимает кредитный риск конкретного обязанного лица, не располагая инструментом его оценки. При этом неквалифицированный инвестор допущен на рынок ЦФА: Указание Банка России от 25.11.2020 № 5635-У установило для него годовой лимит вложений в размере 600 тыс. руб. [16]. Лимит одинаков независимо от качества эмитента, то есть регулирование ограничивает объём риска, но не различает его источник.

Экономическая природа ЦФА и снижение барьеров выхода на рынок капитала для небольших компаний раскрыты С.А. Рамазановым [7] и В.Д. Бобрышевой с соавторами [6]; состав участников рынка и роль операторов описаны С.У. Хамхоевой с соавторами [9]. Значительная часть эмитентов ЦФА относится к сегменту малого и среднего бизнеса, кредитование которого традиционно затруднено недостатком публичной информации [4]. Проблема информационной асимметрии на цифровом финансовом рынке отмечена А.Ю. Жевнерчуком [5]; риски ЦФА в общем виде описаны Л.С. Мнацаканян и А.А. Гамиловской [8], регуляторные и операционные угрозы систематизированы Д.А. Николаевым [10]. Однако измеримого инструмента оценки кредитного качества эмитента ЦФА в литературе не предложено. Настоящая статья восполняет этот пробел.

1. Почему рейтинговые методологии не масштабируются на рынок ЦФА

Действующие методологии российских рейтинговых агентств — «Эксперт РА» [18], АКРА [19], НКР [20] — построены на многоступенчатой процедуре: анализ операционного и финансового профиля, отраслевого риска, качества управления, стресс-тестирование, заседание рейтингового комитета. Процедура рассчитана на эмитента, выходящего на рынок с выпуском на несколько миллиардов рублей и сроком обращения в годы.

Экономика выпуска ЦФА иная. Технология распределённого реестра сократила подготовку размещения до нескольких дней, средний размер выпуска в 2025 году составил порядка 0,5–0,7 млрд руб., а более половины выпусков имели срок обращения до одного месяца. Присвоение рейтинга занимает от четырёх до восьми недель и стоит сотни тысяч рублей. При купонном доходе за месяц по выпуску в 200 млн руб. стоимость рейтинга сопоставима с половиной процентных расходов эмитента за весь срок обращения бумаги. Рациональный эмитент от рейтинга отказывается, и рынок это подтверждает.

Классические количественные модели прогнозирования дефолта — Z-модель Э. Альтмана [21], структурная модель Р. Мертона [22], логит-модель Дж. Олсона [23] — теоретически применимы, но каждая упирается в ограничение. Модель Мертона требует рыночной оценки активов, недоступной для непубличной компании. Модели Альтмана и Олсона калиброваны на зарубежных выборках прошлого века и, как показывают современные исследования российских компаний [2], нуждаются в отраслевой перенастройке. А.С. Тонких с соавторами обоснованно указывают на субъективизм экспертных рейтинговых процедур и предлагают формализованные альтернативы [3].

Современные подходы к оценке кредитного риска систематизированы Н.К. Кантаевым и М.О. Петровой, показавшими продуктивность сочетания количественных коэффициентов с качественными факторами [1]. Алгоритмическая обработка данных при оценке кредитного риска даёт измеримый эффект: по имеющимся оценкам, применение соответствующих технологий снижало дефолтность кредитного портфеля на 15–20% [13]. При этом гибридные схемы, сочетающие формализованные коэффициенты с экспертными блоками, оказываются устойчивее чисто статистических моделей в условиях структурных сдвигов [11].

Отсюда постановка задачи: требуется инструмент, соразмерный скорости и стоимости эмиссии ЦФА. Он должен рассчитываться автоматически, опираться на данные, доступные без участия эмитента, и давать сопоставимый между эмитентами результат.

2. Информационная база оценки

Ключевое допущение предлагаемой методики состоит в том, что необходимый минимум данных о российском юридическом лице доступен публично, независимо от готовности эмитента раскрываться.

Основной источник — государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчётности, который ведёт ФНС России на основании статьи 18 Федерального закона от 06.12.2011 № 402-ФЗ «О бухгалтерском учёте» [17]. Ресурс содержит годовую отчётность практически всех организаций, обязанных её составлять, и доступен бесплатно. Опыт применения публичной отчётности как единственной информационной базы оценки финансового состояния описан, в частности, И.Е. Бурыгиным [12].

Дополнительные источники: картотека арбитражных дел, банк данных исполнительных производств ФССП России, сведения ЕГРЮЛ о недостоверности данных и о налоговой задолженности. Совокупность этих ресурсов позволяет оценить правовой и операционный профиль эмитента.

С 1 октября 2026 года информационная база расширяется. Указание Банка России о дополнительных требованиях к содержанию решения о выпуске ЦФА обязывает эмитента включать в решение данные бухгалтерской отчётности либо ссылку на неё, а также сведения о кредитном рейтинге при его наличии [24]. Регулярность раскрытия делает предлагаемую методику применимой не разово, а на постоянной основе.

3. Архитектура интегрального показателя

Кредитное качество эмитента предлагается выражать интегральным показателем CQ (Credit Quality), рассчитываемым как средневзвешенная оценка по пяти блокам факторов. Каждый блок оценивается по шкале от 0 до 10 баллов:

$$CQ = 0{,}30 \cdot B_1 + 0{,}25 \cdot B_2 + 0{,}20 \cdot B_3 + 0{,}15 \cdot B_4 + 0{,}10 \cdot B_5 . \quad (1)$$

Состав блоков и источники данных приведены в таблице 1.

Таблица 1
Структура интегрального показателя кредитного качества эмитента ЦФА

№	Блок факторов (вес)	Состав показателей	Источник данных
B_1	Финансовая устойчивость (30%)	Долг / EBITDA; коэффициент текущей ликвидности; рентабельность продаж; динамика выручки за три года	ГИР БО ФНС России
B_2	Информационная прозрачность (25%)	Актуальность сданной отчётности; аудиторское заключение; наличие кредитного рейтинга; полнота решения о выпуске	ГИР БО; реестры рейтинговых агентств; сайт оператора
B_3	Платёжная история на рынке ЦФА (20%)	Число исполненных выпусков; наличие просрочек и дефолтов; срок присутствия на рынке	Данные операторов информационных систем
B_4	Параметры выпуска (15%)	Срок обращения; отношение объёма выпуска к годовой выручке; наличие обеспечения; тип дохода	Решение о выпуске
B_5	Правовой и операционный риск (10%)	Арбитражные дела в качестве ответчика; исполнительные производства; налоговая задолженность; недостоверность сведений в ЕГРЮЛ	КАД «Арбитр»; ФССП России; ФНС России

Источник: составлено автором.

Распределение весов отражает результаты ретроспективного анализа дефолтов 2025 года. Наибольший вес отдан финансовой устойчивости: у эмитентов, не исполнивших обязательства, отклонение показателей долговой нагрузки и ликвидности от среднеотраслевых значений фиксировалось по отчётности заблаговременно. Второй по значимости блок — информационная прозрачность, поскольку признак непрозрачности оказался общим для всей дефолтной группы. Включение нефинансового блока B_5 опирается на подход к управлению нефинансовыми рисками, описанный А.Д. Казанцевым [14].

4. Шкалы оценки блоков

Оценка блока определяется как среднее арифметическое баллов входящих в него показателей. Пороговые значения для блока финансовой устойчивости приведены в таблице 2.

Таблица 2
Шкала оценки блока B_1 «Финансовая устойчивость»

Показатель	10 баллов	8 баллов	6 баллов	3 балла	0 баллов
Долг / EBITDA	≤ 1,5	1,5–2,5	2,5–3,5	3,5–5,0	> 5,0 либо EBITDA < 0
Коэффициент текущей ликвидности	≥ 2,0	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0–1,2	< 1,0
Рентабельность продаж	≥ 15%	10–15%	5–10%	0–5%	< 0
Динамика выручки за 3 года	рост ≥ 10% ежегодно	рост до 10%	стабильность	снижение до 20%	снижение > 20%

Источник: составлено автором.

Блок B_2 оценивается по четырём бинарным и порядковым признакам: отчётность за последний завершённый год сдана в срок (10 баллов) либо с задержкой или не сдана (0); аудиторское заключение представлено и не содержит модифицированного мнения (10); действующий кредитный рейтинг присвоен (10), отозван или отсутствует (0 либо 5 при наличии рейтинга связанной стороны); решение о выпуске содержит полный состав сведений, предусмотренных требованиями, вступающими в силу с 1 октября 2026 года.

Блок B_3 строится на статистике самого рынка ЦФА и представляет собой единственный компонент методики, недоступный для традиционных рейтинговых процедур. Эмитент, исполнивший пять и более выпусков без просрочек, получает 10 баллов; первичный выход на рынок оценивается в 5 баллов как нейтральное значение; наличие просрочки в прошлом снижает оценку до 2 баллов, состоявшийся дефолт — до нуля.

Блок B_4 учитывает параметры конкретного выпуска. Отношение объёма выпуска к годовой выручке эмитента до 10% оценивается в 10 баллов, свыше 50% — в 0 баллов: практика 2025 года показала, что дефолты концентрировались среди эмитентов, привлекавших суммы, сопоставимые с их операционным оборотом. Наличие обеспечения или поручительства добавляет к оценке блока два балла в пределах верхней границы шкалы.

Блок B_5 оценивается методом вычитания: базовое значение 10 баллов уменьшается на два балла за каждое из обстоятельств — сумма исковых требований к эмитенту свыше 10% выручки, наличие неоконченных исполнительных производств, налоговая задолженность свыше 100 тыс. руб., запись о недостоверности сведений в ЕГРЮЛ, дисквалификация руководителя.

5. Шкала кредитного качества и режим допуска инвесторов

Рассчитанное значение CQ соотносится с одной из пяти категорий. Каждой категории поставлен в соответствие предлагаемый режим допуска неквалифицированных инвесторов (таблица 3).

Таблица 3
Шкала кредитного качества эмитентов ЦФА

Категория	Значение CQ	Характеристика	Предлагаемый режим допуска неквалифицированных инвесторов
CQ-A	8,50–10,00	Высокое	Без дополнительных ограничений
CQ-B	7,00–8,49	Приемлемое	В пределах действующего годового лимита
CQ-C	5,50–6,99	Умеренное	Половина лимита; обязательное уведомление о риске
CQ-D	4,00–5,49	Низкое	Только квалифицированные инвесторы
CQ-E	менее 4,00	Неудовлетворительное	Размещение среди розничных инвесторов не допускается

Источник: составлено автором.

Практический смысл шкалы состоит в переходе от единого лимита к дифференцированному. Действующая конструкция уравнивает инвестора, приобретающего бумагу компании с аудированной отчётностью и рейтингом, и инвестора, вкладывающего средства в выпуск эмитента, не сдававшего отчётность два года. Оба ограничены одной суммой в 600 тыс. руб. в год. Привязка лимита к категории кредитного качества переводит регулирование сегмента на риск-ориентированные принципы, не требуя при этом ни запретов, ни расширения полномочий регулятора.

6. Порядок апробации и проверки устойчивости

Методика предполагает двухэтапную верификацию. На первом этапе весовые коэффициенты уточняются методом экспертных оценок: специалистам в области финансовых рынков и риск-менеджмента предлагается оценить значимость каждого блока по шкале от 0 до 5, итоговые веса рассчитываются как среднее арифметическое рангов с последующим нормированием до 100%.

Второй этап — ретроспективное тестирование на выборке, включающей всех эмитентов, допустивших дефолт в 2025 году, и контрольную группу эмитентов, исполнивших обязательства в тот же период. Разделительная способность показателя измеряется долей дефолтных эмитентов, отнесённых по расчёту к категориям CQ-D и CQ-E, и долей ложноположительных отнесений в контрольной группе.

Устойчивость модели проверяется анализом чувствительности: весовые коэффициенты последовательно изменяются в диапазоне ±5%, после чего оценивается доля эмитентов, сменивших категорию. Существенным считается перераспределение свыше 10% выборки; в этом случае состав блоков подлежит пересмотру.

Ограничение методики связано с горизонтом отчётности. Годовая отчётность в ГИР БО появляется с лагом до нескольких месяцев, тогда как выпуск ЦФА может быть подготовлен за несколько дней. Для эмитентов, впервые выхо-

дящих на рынок в первом полугодии, оценка блока B_1 опирается на данные позапрошлого года, что снижает её точность. Частичным решением служит повышение веса блоков B_2 и B_3, рассчитываемых по данным в режиме, близком к реальному времени.

Заключение

Предложенная методика решает задачу, для которой действующая инфраструктура рынка ЦФА решения не предлагает: оценку кредитного качества эмитента, не имеющего рейтинга и не раскрывающего отчётность добровольно. Опора исключительно на публичные источники позволяет рассчитывать показатель без участия оцениваемой стороны и с издержками, сопоставимыми со стоимостью автоматизированного запроса к открытым реестрам.

Методика применима операторами информационных систем как процедура предварительного отбора эмитентов при допуске к размещению, Банком России — при построении риск-ориентированного надзора и дифференциации лимитов розничных инвесторов, самими инвесторами — для самостоятельной оценки принимаемого риска.

Дальнейшее развитие модели связано с введением отраслевых поправочных коэффициентов по мере накопления статистики дефолтов и с переводом балльной оценки в вероятностную шкалу по логике, заложенной в работе Дж. Олсона [23].

Литература

1. Кантаев, Н. К. Оценка кредитных рисков как инструмент предупреждения кризисных состояний компании / Н. К. Кантаев, М. О. Петрова // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17, № s6. — Ст. 44FAVN625.
2. Жуков, А. А. Факторы риска банкротства российских компаний / А. А. Жуков, Е. Д. Никулин, Д. А. Щучкин // Финансы: теория и практика. — 2022. — Т. 26, № 6. — С. 131–155.
3. Тонких, А. С. Построение динамической нормативной модели рейтинговой оценки акций / А. С. Тонких, С. А. Тонких, Е. Ю. Маслова // Финансы: теория и практика. — 2022. — Т. 26, № 3. — С. 85–109.
4. Тарханова, Е. А. Банковское кредитование субъектов малого и среднего бизнеса в России: анализ ключевых трендов и прогнозные сценарии развития в условиях глобальных вызовов / Е. А. Тарханова, К. А. Захарова, А. В. Тарханова, Е. Г. Жеурова // Экономика, предпринимательство и право. — 2023. — Т. 13, № 11. — С. 4835–4850.
5. Жевнерчук, А. Ю. Управление финансовыми рисками участников цифрового финансового рынка / А. Ю. Жевнерчук // Вестник Евразийской науки. — 2023. — Т. 15, № s3. — Ст. 25FAVN323.
6. Бобрышева, В. Д. Цифровые финансовые активы в России: законодательные основы, сравнительный анализ с традиционными инструментами и перспективы рыночной динамики / В. Д. Бобрышева, В. Ю. Гречишникова, А. А. Трубина // Экономическая безопасность. — 2025. — Т. 8, № 2. — С. 467–481.
7. Рамазанов, С. А. Цифровые финансовые активы: сущность и экономические последствия / С. А. Рамазанов // Экономическая безопасность. — 2025. — Т. 8, № 2. — С. 377–394.
8. Мнацаканян, Л. С. Риски цифровых финансовых активов / Л. С. Мнацаканян, А. А. Гамиловская // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2024. — № 6-2. — С. 345–352.
9. Хамхоева, С. У. Цифровые финансовые активы в России: виды, правовое регулирование, операторы / С. У. Хамхоева, Д. С. Котегова, Н. А. Загорулько [и др.] // Вестник Евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № s6. — Ст. 77FAVN624.
10. Николаев, Д. А. Цифровые финансовые активы и противодействие отмыванию доходов: инфраструктурные решения и регуляторные вызовы / Д. А. Николаев // Экономическая безопасность. — 2025. — Т. 8, № 6. — С. 1619–1636.
11. Тарасюк, Н. Ю. Машинное обучение в системах поддержки принятия инвестиционных решений: сравнительный анализ традиционных экономических моделей и ML-подходов / Н. Ю. Тарасюк // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17, № s2. — Ст. 40FAVN225.
12. Бурыгин, И. Е. Особенности оценки финансовой устойчивости экономических субъектов в отрасли IT-дистрибуции / И. Е. Бурыгин // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17, № s1. — Ст. 93FAVN125.
13. Мицич, А. Д. Цифровые технологии как фактор трансформации финансового сектора / А. Д. Мицич // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17, № 5. — Ст. 46ECVN525.
14. Казанцев, А. Д. Методы и механизмы управления нефинансовыми рисками в практике российских банков / А. Д. Казанцев // Вестник Евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № s3. — Ст. 13FAVN324.
15. Кашицын, П. Рынок цифровых финансовых активов: в зоне турбулентности / П. Кашицын, М. Булгаков, Д. Николаев ; рейтинговое агентство «Эксперт РА». — Москва, 2025. — URL: https://raexpert.ru/researches/digital_fin_market_2025/ (дата обращения: 03.09.2026).
16. Указание Банка России от 25.11.2020 № 5635-У «О признаках цифровых финансовых активов, приобретение которых может осуществляться только лицом, являющимся квалифицированным инвестором…» (ред. от 15.06.2022) : зарегистрировано в Минюсте России 21.12.2020, рег. № 61622.
17. О бухгалтерском учете : Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ (с изм. и доп.). — Ст. 18 «Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности».
18. Методология присвоения рейтингов кредитоспособности нефинансовым компаниям / АО «Эксперт РА». — Утв. 23.01.2026. — URL: https://raexpert.ru/ratings/methods/nonfin (дата обращения: 03.09.2026).
19. Методология присвоения кредитных рейтингов нефинансовым компаниям по национальной шкале для Российской Федерации / АКРА (АО). — URL: https://www.acra-ratings.ru/criteria/115/ (дата обращения: 03.09.2026).
20. Методология присвоения кредитных рейтингов по национальной шкале для Российской Федерации нефинансовым компаниям / ООО «Национальные Кредитные Рейтинги». — Утв. протоколом Методологического комитета № 104 от 13.03.2025.
21. Altman, E. I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy / E. I. Altman // The Journal of Finance. — 1968. — Vol. 23, № 4. — P. 589–609.
22. Merton, R. C. On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates / R. C. Merton // The Journal of Finance. — 1974. — Vol. 29, № 2. — P. 449–470.
23. Ohlson, J. A. Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy / J. A. Ohlson // Journal of Accounting Research. — 1980. — Vol. 18, № 1. — P. 109–131.
24. Инвесторам станет доступно больше информации о выпусках ЦФА : пресс-релиз Банка России от 18.06.2026. — URL: https://www.cbr.ru/press/event/?id=32632 (дата обращения: 03.09.2026).

A methodology for assessing the credit quality of digital financial asset issuers based on publicly available data

Kunitskiy M.M.
Academy of Labour and Social Relations

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The number of Russian companies raising funds solely through digital financial assets, without entering the bond market, grew from 62 in 2023 to 161 in 2025. Most such issuers hold no credit rating, and every default recorded in 2025 occurred among them. A rating procedure takes four to eight weeks and costs hundreds of thousands of roubles, which is incompatible with the economics of an issue of 100–300 million roubles maturing within one month. The paper proposes a rapid methodology for assessing issuer credit quality, built on an integral indicator of five weighted blocks of factors. The distinctive feature of the approach is its reliance solely on public sources: the state information resource of accounting statements, the commercial court case file and the database of enforcement proceedings. The indicator is calculated without the issuer's participation. A five-category scale with a differentiated admission regime for retail investors is proposed.

Keywords: digital financial assets, issuer credit quality, credit risk, scoring model, information asymmetry, investor protection.

References

1. Kantaev N. K., Petrova M. O. Credit risk assessment as a tool for preventing corporate crisis conditions. The Eurasian Scientific Journal, 2025, vol. 17, no. s6, art. 44FAVN625. (In Russ.)
2. Zhukov A. A., Nikulin E. D., Shchuchkin D. A. Bankruptcy risk factors of Russian companies. Finance: Theory and Practice, 2022, vol. 26, no. 6, pp. 131–155. (In Russ.)
3. Tonkikh A. S., Tonkikh S. A., Maslova E. Yu. Construction of a dynamic normative model for the rating assessment of shares. Finance: Theory and Practice, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 85–109. (In Russ.)
4. Tarkhanova E. A., Zakharova K. A., Tarkhanova A. V., Zheurova E. G. Bank lending to small and medium-sized businesses in Russia: analysis of key trends and forecast scenarios amid global challenges. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law, 2023, vol. 13, no. 11, pp. 4835–4850. (In Russ.)
5. Zhevnerchuk A. Yu. Financial risk management of digital financial market participants. The Eurasian Scientific Journal, 2023, vol. 15, no. s3, art. 25FAVN323. (In Russ.)
6. Bobrysheva V. D., Grechishnikova V. Yu., Trubina A. A. Digital financial assets in Russia: legislative framework, comparative analysis with traditional instruments and prospects of market dynamics. Economic Security, 2025, vol. 8, no. 2, pp. 467–481. (In Russ.)
7. Ramazanov S. A. Digital financial assets: essence and economic consequences. Economic Security, 2025, vol. 8, no. 2, pp. 377–394. (In Russ.)
8. Mnatsakanyan L. S., Gamilovskaya A. A. Risks of digital financial assets. Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law, 2024, no. 6-2, pp. 345–352. (In Russ.)
9. Khamkhoeva S. U., Kotegova D. S., Zagorulko N. A. et al. Digital financial assets in Russia: types, legal regulation, operators. The Eurasian Scientific Journal, 2024, vol. 16, no. s6, art. 77FAVN624. (In Russ.)
10. Nikolaev D. A. Digital financial assets and anti-money laundering: infrastructure solutions and regulatory challenges. Economic Security, 2025, vol. 8, no. 6, pp. 1619–1636. (In Russ.)
11. Tarasyuk N. Yu. Machine learning in investment decision support systems: a comparative analysis of traditional economic models and ML approaches. The Eurasian Scientific Journal, 2025, vol. 17, no. s2, art. 40FAVN225. (In Russ.)

Влияние информационной трансформации на транзакционные издержки

Куракин Анатолий Сергеевич
аспирант, кафедра предпринимательства, Московский университет «Синергия», akurakin123@gmail.com

В статье рассматривается влияние информационной трансформации на транзакционные издержки, связанные со сделками между хозяйствующими субъектами. Широкое распространение информационных технологий, интернет-платформ и больших данных существенно изменяет структуру этих издержек, потому что переход к цифровой экономике изменяет механизмы поиска информации, заключения контрактов, контроля за исполнением обязательств и адаптации условий сделок. Цифровизация снижает затраты на сбор и обработку информации, упрощает переговоры и оформление сделок, а также облегчает мониторинг контрактов через смарт-контракты и автоматизированные системы, но появляются новые издержки, связанные с фильтрацией недостоверной информации и защитой от киберугроз.

Ключевые слова: транзакционные издержки, цифровая экономика, декомпозиционная модель, цифровые платформы, блокчейн, генеративный искусственный интеллект, агентный искусственный интеллект, верификация информации.

Информационная трансформация экономики меняет способы производства и коммуникации и условия взаимодействия хозяйствующих субъектов. Распространение цифровых технологий приобретает системный характер, затрагивая как общие параметры развития экономики, так и структуру затрат организаций. Масштаб цифровой трансформации российской экономики подтверждается как агрегированными показателями развития цифрового сектора, так и динамикой корпоративных расходов, по данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, затраты крупных и средних российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2025 г. достигли почти 5,9 трлн руб. [4]. При этом 37 % соответствующих расходов приходилось на программное обеспечение, а 27 % – на ИКТ-оборудование.

Одновременно расширяется использование искусственного интеллект, так согласно исследованию McKinsey, 88 % опрошенных в 2025 г. сообщали о регулярном использовании искусственного интеллекта (далее – ИИ) хотя бы в одной функции, а 62 % находились как минимум на стадии экспериментов с ИИ-агентами [13]. В исследовании Э. Бриньольфссона, Д. Ли и Л. Рэймонд использование генеративного помощника повысило производительность работников службы поддержки в среднем на 15 % [5, p. 933].

Однако снижение одних затрат не означает исчезновения транзакционных издержек как экономической категории, по данным 2026 Bad Bot Report, автоматизированные системы обеспечивали уже более 53 % мирового вебтрафика в 2025 г. [16]. С распространением агентного ИИ граница между человеком, программным посредником и автономным участником цифрового взаимодействия становится менее очевидной. Для компании это означает дополнительные расходы на идентификацию источника информации, проверку результатов автоматизированных систем, разграничение полномочий и защиту цифровой инфраструктуры.

Традиционная теория транзакционных издержек объясняет затраты поиска информации, согласования условий, измерения характеристик объекта сделки, контроля исполнения и адаптации контрактов. Категории сохраняют аналитическую значимость и в цифровой экономике [15, p. 409]. Вместе с тем развитие цифровых платформ, блокчейна, генеративного и агентного ИИ формирует новые проблемы достоверности информации, технологической безопасности, автономности и ответственности.

Исследовательская гипотеза состоит в том, что цифровизация не приводит к линейному снижению совокупных транзакционных издержек. Результатом становится их перераспределение: сокращение стоимости отдельных операций сопровождается переносом части затрат в области верификации, адаптации, безопасности, управления данными и надзора за автоматизированными решениями.

Теория транзакционных издержек рассматривает выбор способа организации экономического взаимодействия с учётом затрат, возникающих помимо непосредственного производства товара или услуги. В современных обзорах сохраняется логика, восходящая к работам Р. Коуза, О. Уильямсона, К. Далмана, Я. Барцеля и Д. Норта, экономический агент несёт затраты на получение информации, переговоры, измерение характеристик блага, контроль поведения контрагента и приспособление соглашения к изменившимся обстоятельствам [15, p. 409]. Для настоящего исследования классические концепции используются как исходная теоретическая база для понимания, что происходит с каждым видом транзакционных издержек после переноса взаимодействия в цифровую среду, основные элементы которой систематизированы в таблице 1.

Таблица 1
Теоретическая основа декомпозиции транзакционных издержек

Теоретическое направление	Основное содержание	Аналитическая функция в модели
Коуз	затраты использования рыночного механизма	общее понимание транзакционных издержек
Далман	поиск информации, переговоры, контроль	выделение стадий сделки
Уильямсон	издержки до и после заключения контракта	разграничение заключения, исполнения и адаптации
Барцель	издержки измерения характеристик блага	выделение самостоятельного компонента измерения
Норт	зависимость издержек от институциональной среды	учёт правил, доверия и институтов

Источник: систематизировано автором на основе исследований теории транзакционных издержек.

Российские исследования показывают, цифровые технологии способны снижать часть традиционных транзакционных издержек, так М.В. Власов и А.С. Охлопков выявили связь между увеличением расходов компаний на цифровые технологии и уменьшением исследуемых транзакционных издержек [1]. Н.В. Городнова также связывает внедрение цифровых технологий со снижением затрат на сбор, обработку и анализ информации [2, с. 2085].

Цифровая платформа одновременно выступает посредником, инфраструктурой совершения сделки и источником правил взаимодействия. Исследование L. Zhou с соавторами на выборке 314 компаний показало, использование B2B-платформ способствует снижению транзакционных издержек и росту доверия между участниками [19, p. 74]. В gig-экономике платформы также формируют собственные механизмы координации отношений между исполнителями и заказчиками [10]. Вместе с тем перенос взаимодействия на цифровую платформу создаёт зависимость участников от установленных ею правил доступа и механизмов регулирования [3, с. 75]. В управлении цепями поставок к этому добавляется зависимость от архитектуры платформы, способов обмена данными и встроенных механизмов координации [7, p. 467].

Двойственный эффект цифровизации отчётливо проявляется применительно к блокчейну, так как использование распределённых реестров способно снижать отдельные издержки проверки и контроля за счёт повышения прозрачности транзакций [6, p. 80]. В платформенных цепях поставок блокчейн также связывается с повышением информационной прозрачности взаимодействия участников [18, p. 3709]. Однако M. Vatiero показывает, смарт-контракт не следует автоматически считать более дешёвой альтернативой традиционному договору. Жёсткость программного исполнения усложняет адаптацию к непредвиденным обстоятельствам и способна создавать дополнительные транзакционные издержки [17].

Вместе с тем полученный с помощью интеллектуальной системы результат требует дополнительной проверки. Проблема галлюцинаций языковых моделей, то есть генерации правдоподобной, но фактически недостоверной информации, систематизирована Z. Ji с соавторами [11]. В свою очередь, технологический анализ генеративного ИИ подчёркивает значение качества данных, прозрачности и надёжности используемых моделей [9, p. 118].

Если генеративная модель преимущественно формирует информационный результат, агентная система получает возможность самостоятельно выбирать последовательность действий и взаимодействовать с внешними информационными системами. A. Kasirzadeh и I. Gabriel предлагают оценивать ИИ-агентов по степени автономности, эффективности, сложности целей и универсальности, показывая, увеличение автономности непосредственно повышает требования к механизмам управления и контроля [11, p. 325]. M.O. Riedl и D.R. Desai обращают внимание на проблему полномочий и ответственности ИИ-агента, действующего от имени человека или организации [13, p. 2194].

Для построения модели применён структурированный качественный контент-анализ 20 источников. Отбор проводился по критериям тематической релевантности, актуальности и проверяемости библиографических данных, при этом приоритет отдавался публикациям в рецензируемых научных изданиях. Источники анализировались по четырём признакам: виду транзакционных издержек, цифровому механизму их изменения, направлению воздействия технологии и наличию ИИ-специфических рисков. Один источник мог быть отнесён к нескольким аналитическим категориям, результаты кодирования систематизированы в таблице 2.

Таблица 2
Кодировочная матрица структурированного контент-анализа

Аналитическая категория	Операциональные индикаторы
Поиск и верификация информации	поиск контрагентов; информационная асимметрия; платформенный поиск; достоверность; галлюцинации; фактчекинг
Заключение контрактов	согласование условий; платформенное посредничество; цифровые договоры; смарт-контракты
Измерение качества	оценка характеристик; качество цифровых данных; синтетический контент; фактуальность
Мониторинг и исполнение	цифровой контроль; прозрачность; блокчейн; информационная безопасность; полномочия агента
Адаптация условий	изменение соглашений; непредвиденные обстоятельства; изменение программных правил; автономные действия
Управление генеративным и агентным ИИ	верификация; human oversight; качество данных; безопасность; ответственность; автономность

Источник: разработано автором.

Результат кодирования показал отличие ИИ-специфических издержек от остальных категорий, которые не локализуются на одной стадии сделки. Поэтому соответствующие издержки обладают сквозным характером, указанное наглядно отражено на рисунке 1.

Полученный авторский результат состоит в представлении цифровизации как механизма трёх типов изменений транзакционных издержек:

1. сокращение ранее существовавших затрат;
2. перенос затрат с одного этапа транзакции на другой;



Рисунок 1. Логика трансформации транзакционных издержек в цифровой среде
Источник: разработано автором.

3. возникновение дополнительных издержек управления цифровой инфраструктурой.

На этой основе сформирована декомпозиционная модель, представленная в таблице 3.

Таблица 3
Декомпозиционная модель транзакционных издержек цифровой фирмы

Компонент	Традиционная форма	Цифровой механизм	Сокращаемые издержки	Новые или переносимые издержки
Поиск и верификация информации	поиск контрагента, сбор сведений	платформы, агрегаторы, поисковые системы, ИИ	время поиска и первичной обработки	информационный шум, боты, проверка ИИ-контента
Заключение контрактов	переговоры, оформление соглашений	ЭП, платформенные интерфейсы, блокчейн, ИИ	коммуникация, документооборот, типовые соглашения	аудит программного кода, проверка ИИ-документов, юрисдикционные риски
Измерение качества	экспертиза, сертификация, инспекции	IoT, большие данные, рейтинги, ИИ	сбор и обработка характеристик	проверка цифровых метрик и синтетических данных
Мониторинг и исполнение	аудит, инспекции, судебный контроль	ERP/SCM, трекинг, блокчейн, ИИ-агенты	текущий контроль и фиксация исполнения	технологические уязвимости, контроль автономных действий
Адаптация условий	повторные переговоры, дополнительные соглашения	автоматические триггеры, программируемые правила	стандартные процедуры изменения условий	изменение кода, восстановление после ошибочных автономных действий
Управление генеративным и агентным ИИ	отсутствует как единый управленческий контур	LLM, RAG, автономные и многоагентные системы	часть интеллектуальных и координационных операций	верификация, human-in-the-loop, управление данными, ответственность, кибербезопасность

Источник: разработано автором.

Первый компонент включает затраты на получение информации о потенциальных контрагентах, ценах, свойствах товара и условиях сделки. Цифровые платформы уменьшили стоимость первичного поиска, сопоставление большого числа продавцов и покупателей происходит практически мгновенно. Эмпирические исследования B2B-платформ подтверждают связь платформенного взаимодействия со снижением транзакционных издержек покупателей [19, p. 78]. Однако доступность информации стала источником новой проблемы по необходимости отделения достоверных данных от недостоверных или автоматически сформированных. В 2025 г., согласно данным Thales/Imperva, более половины веб-трафика уже формировалось автоматизированными системами [16]. При использовании генеративного ИИ добавляется риск галлюцинаций [11, p. 18]. В результате цифровизация сокращает издержки поиска, но повышает относительную значимость издержек верификации, для RAG-систем необходимость такой проверки уже привела к разработке специализированных механизмов оценки фактуальности генерируемого ответа [14, p. 1308].

Электронный документооборот, цифровая подпись и дистанционная коммуникация позволяют сокращать время согласования и оформления соглашений. Использование цифровых технологий также снижает затраты, связанные с отдельными процедурами заключения и сопровождения контрактов [1]. Блокчейн позволяет автоматизировать выполнение формализуемых условий, однако его эффект не является однозначным. Смарт-контракт экономит на части процедур исполнения, но требует затрат на программирование,

аудит кода и разработку механизма реагирования на обстоятельства, которые невозможно было полностью предусмотреть заранее [17].

Генеративный ИИ дополнительно снижает стоимость подготовки проектов типовых документов. Вместе с тем экономия на составлении текста не отменяет необходимости его профессиональной проверки. Дополнительную проблему создают галлюцинации языковых моделей, при которых фактически неверное утверждение может быть сформулировано убедительно и восприниматься как достоверное [11, p. 24].

ERP- и SCM-системы, цифровой трекинг и блокчейн обеспечивают постоянную фиксацию операций, уменьшая потребность в части ручных контрольных процедур. Однако автоматизация контроля одновременно формирует технологическую зависимость: надёжность исполнения становится связанной с качеством кода, безопасностью инфраструктуры и корректностью данных. Для больших языковых моделей дополнительными источниками риска выступают prompt injection и другие способы манипулирования поведением системы через входные инструкции [8, p. 126182].

При использовании автономных ИИ-агентов возникает дополнительная проблема, система не просто наблюдает за исполнением, а самостоятельно совершает действия. Повышение степени автономности усиливает требования к механизмам человеческого контроля и ограничению допустимых действий агента [11, p. 326]. Одновременно возникает необходимость определения его полномочий и правовой атрибуции последствий совершённых действий [13, p. 2192].

Неполнота контрактов делает адаптацию необходимой даже при высокой степени цифровизации. Автоматические триггеры позволяют заранее определить стандартные сценарии изменения цены, срока или иных параметров сделки, снижая необходимость повторного согласования типовых изменений. Однако программируемое соглашение оказывается менее гибким при наступлении обстоятельств, которые не были заложены в алгоритм. Поэтому жёсткость смарт-контракта при возникновении непредвиденных обстоятельств способна увеличивать транзакционные издержки ex post [17].

Агентный ИИ создаёт сходную проблему в иной форме, так рост автономности системы повышает значение механизмов управления её поведением и определения границ допустимого самостоятельного действия [12, p. 326]. Если агент совершает действия от имени пользователя или организации, дополнительно возникает вопрос о возможности отмены решений и распределении ответственности за их последствия [13, p. 2196]. Поэтому эксплуатация таких систем требует процедур остановки, вмешательства человека и последующего аудита действий.

В рамках предложенной модели в данный компонент включаются пять групп издержек:

1. Издержки верификации результатов ИИ, где организация должна учитывать риск фактических ошибок и галлюцинаций при использовании результатов языковых моделей [11, p. 35]. Для систем с дополненной генерацией к этому добавляются затраты на проверку соответствия сформированного ответа информации из использованных источников [14, p. 1311].

2. Издержки человеческого надзора, чем выше автономность интеллектуальной системы, тем важнее определить границы её самостоятельных действий и ситуации, в которых требуется вмешательство человека [12, p. 325].

3. Издержки управления данными, так как использование генеративного ИИ требует учитывать качество, конфиденциальность, правомерность использования и другие характеристики информационной базы. Зависимость результатов генеративных систем от качества исходных данных и механизмов их обработки является одной из фундаментальных особенностей данной технологии [9, p. 123].

5. Издержки распределения ответственности, при совершении автономным агентом действий от имени пользователя необходимо определить пределы его полномочий и субъекта, несущего последствия ошибочного решения [13, p. 2197].

6. Издержки кибербезопасности. Использование LLM и агентов создаёт дополнительные каналы атак и требует специальных механизмов защиты, журналирования и ограничения доступа [8, p. 126184].

Данные издержки имеют сквозной характер, они возникают на нескольких стадиях транзакции одновременно. Поэтому их объединение в самостоятельный управленческий сегмент представляется более продуктивным, чем механическое распределение между пятью традиционными компонентами. Такое решение согласуется с современным развитием ИИ. McKinsey фиксирует переход компаний от использования отдельных генеративных инструментов к экспериментам с автономными агентами [12]. A. Kasirzadeh и I. Gabriel показывают, требования к governance непосредственно зависят от степени автономности агента [11, p. 327].

Предложенная модель уточняет тезис о снижении транзакционных издержек в условиях цифровизации. Проведённый анализ показывает, что экономия на отдельных операциях не обязательно означает снижение совокупных транзакционных издержек, поскольку часть затрат переносится на верификацию, адаптацию и управление технологической инфраструктурой. На практике решение о внедрении платформы, блокчейна или системы ИИ нередко принимается через сопоставление стоимости технологии с прямой экономией труда. Такой расчёт не учитывает вторичные транзакционные издержки. Использование декомпозиционной модели позволяет проводить аудит в два этапа. Сначала фиксируется снижение традиционных затрат, времени поиска, расходов на согласование, количества ручных проверок, длительности контроля. А потом оцениваются новые затраты: проверка результатов алгоритма, аудит кода, обеспечение информационной безопасности, контроль автономных действий, качество данных и процедуры восстановления после ошибок.

Для систем генеративного и агентного ИИ в бюджет проекта целесообразно отдельно включать стоимость human-in-the-loop, тестирования и верификации результатов, журналирования решений, информационной безопасности и управления доступом. Такой подход позволяет избежать ситуации, когда экономия на автоматизации учитывается полностью, а затраты на обеспечение её надёжности остаются скрытыми. Модель может быть применена и регуляторами – как аналитическая рамка для оценки того, какие дополнительные издержки возникают у бизнеса при введении требований к прозрачности, аудиту и ответственности автономных систем.

Проведённое исследование показывает, информационная трансформация экономики не приводит к простому исчезновению транзакционных издержек. Цифровые технологии уменьшают стоимость отдельных операций, одновременно перераспределяя затраты между этапами сделки и создавая новые расходы на управление цифровой инфраструктурой. Полученный авторский результат состоит в разработке декомпозиционной модели из шести компонентов**:** поиска и верификации информации; заключения контрактов; измерения качества; мониторинга и обеспечения исполнения; адаптации условий; управления генеративным и агентным искусственным интеллектом. Предложенная модель учитывает три возможных результата внедрения технологии: сокращение, перенос и возникновение транзакционных издержек.

Выделение шестого компонента обусловлено сквозным характером затрат на использование современных интеллектуальных систем. Верификация генерируемой информации, человеческий надзор, управление качеством данных, кибербезопасность и распределение ответственности возникают на разных стадиях сделки, но имеют общий источник – передачу части информационных и координационных функций ИИ.

Перспективы дальнейших исследований связаны с эмпирической проверкой предложенной модели. В первую очередь требуется разработать показатели для денежной оценки каждого компонента и провести обследование компаний, активно использующих генеративный и агентный ИИ. Отдельными направлениями являются оценка стоимости human-in-the-loop, сопоставление издержек при разных уровнях автономности ИИ, анализ отраслевых различий, а также изучение распределения ответственности между организацией, разработчиком модели, поставщиком платформы и пользователем автономного агента.

Литература

1. Власов М. В. Влияние цифровых технологий на трансакционные издержки фирм / М. В. Власов, А. С. Охлопков // Экономический анализ: теория и практика. – 2022. – Т. 21, № 3. – С. 497–521. – DOI 10.24891/ea.21.3.497.
2. Городнова Н. В. Сокращение транзакционных издержек в цифровой экономике / Н. В. Городнова // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 6. – С. 2073–2092. – DOI 10.18334/ce.16.6.114818.
3. Дмитриева Н. Е. Цифровые платформы как субъект и объект регулирования, или как платформы изменяют систему госуправления / Н. Е. Дмитриева, О. С. Минченко, Е. В. Рыльских // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2022. – № 2. – С. 60–84. – DOI 10.17323/1999-5431-2022-0-2-60-84.
4. Ковалева Г. Г. Затраты организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2025 году / Г. Г. Ковалева, Т. С. Зинина. – М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2026. – URL: https://issek.hse.ru/news/1191913678.html (дата обращения: 24.09.2026).
5. Brynjolfsson E. Generative AI at Work / E. Brynjolfsson, D. Li, L. Raymond // The Quarterly Journal of Economics. – 2025. – Vol. 140, No. 2. – P. 889–942. – DOI 10.1093/qje/qjae044.
6. Chen W. A Transaction Cost Perspective on Blockchain Governance in Global Value Chains / W. Chen, D. Botchie, A. Braganza, H. Han // Strategic Change. – 2022. – Vol. 31, No. 1. – P. 75–87. – DOI 10.1002/jsc.2487.
7. Culotta C. Theories of Digital Platforms for Supply Chain Management: A Systematic Literature Review / C. Culotta, C. Blome, M. Henke // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 2024. – Vol. 54, No. 5. – P. 449–475. – DOI 10.1108/IJPDLM-01-2023-0016.
8. Derner E. A Security Risk Taxonomy for Prompt-Based Interaction With Large Language Models / E. Derner, K. Batistič, J. Zahálka, R. Babuška // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 126176–126187. – DOI 10.1109/ACCESS.2024.3450388.
9. Feuerriegel S. Generative AI / S. Feuerriegel, J. Hartmann, C. Janiesch, P. Zschech // Business & Information Systems Engineering. – 2024. – Vol. 66, No. 1. – P. 111–126. – DOI 10.1007/s12599-023-00834-7.
10. Golovanova S. The Institutional Environment and Gig Platform Transaction Cost Solutions / S. Golovanova, E. Pontual Ribeiro, E. Styrin, I. Makarov // Journal of Institutional Economics. – 2024. – Vol. 20. – Art. e12. – DOI 10.1017/S1744137423000383.
11. Kasirzadeh A. Agentic Profiles for Effective AI Governance / A. Kasirzadeh, I. Gabriel // Nature. – 2026. – Vol. 656, No. 8127. – P. 320–328. – DOI 10.1038/s41586-026-10805-z.

12. Singla A. The State of AI in 2025: Agents, Innovation, and Transformation / A. Singla, A. Sukharevsky, L. Yee, M. Chui. – McKinsey & Company, 2025. – URL: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/quantumblack/our%20insights/the%20state%20of%20ai/november%202025/the-state-of-ai-2025-agents-innovation_cmyk-v1.pdf (дата обращения: 24.09.2026).
13. Riedl M. O. AI Agents and the Law / M. O. Riedl, D. R. Desai // Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society. – 2025. – Vol. 8, No. 3. – P. 2189–2198. – DOI 10.1609/aies.v8i3.36705.
14. Sankararaman H. Provenance: A Light-weight Fact-checker for Retrieval Augmented LLM Generation Output / H. Sankararaman, M. N. Yasin, T. Sorensen, A. Di Bari, A. Stolcke // Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track. – 2024. – P. 1305–1313. – DOI 10.18653/v1/2024.emnlp-industry.97.
15. Shahab S. Transaction Costs in Planning Literature: A Systematic Review / S. Shahab // Journal of Planning Literature. – 2022. – Vol. 37, No. 3. – P. 403–414. – DOI 10.1177/08854122211062085.
16. Thales. 2026 Bad Bot Report: Bad Bots in the Agentic Age. – 2026. – URL: https://www.imperva.com/resources/resource-library/reports/2026-bad-bot-report/ (дата обращения: 01.08.2026).
17. Vatiero M. Smart Contracts vs Incomplete Contracts: A Transaction Cost Economics Viewpoint / M. Vatiero // Computer Law & Security Review. – 2022. – Vol. 46. – Art. 105710. – DOI 10.1016/j.clsr.2022.105710. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267364922000577?via%3Dihub (дата обращения: 04.12.2025).
18. Wu J. Blockchain's Impact on Platform Supply Chains: Transaction Cost and Information Transparency Perspectives / J. Wu, J. Yu // International Journal of Production Research. – 2023. – Vol. 61, No. 11. – P. 3703–3716. – DOI 10.1080/00207543.2022.2027037.
19. Zhou L. How B2B Platform Improves Buyers' Performance: Insights into Platform's Substitution Effect / L. Zhou, H. Mao, T. Zhao, V. L. Wang, X. Wang, P. Zuo // Journal of Business Research. – 2022. – Vol. 143. – P. 72–80. – DOI 10.1016/j.jbusres.2022.01.060.

The Impact of Information Transformation on Transaction Costs

Kurakin A.S.
Synergy University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article examines the impact of informational transformation on transactional costs associated with transactions between economic agents. The widespread adoption of information technologies, internet platforms, and big data significantly alters the structure of these costs, as the transition to a digital economy changes the mechanisms for information search, contract formation, monitoring obligations, and adapting contract terms. Digitalization reduces costs for collecting and processing information, simplifies negotiations and deal-making, and facilitates contract monitoring through smart contracts and automated systems. However, new costs arise related to filtering unreliable information and protecting against cyber threats.

Keywords: transaction costs, digital economy, decomposition model, digital platforms, blockchain, generative artificial intelligence, agentic artificial intelligence, information verification.

References

1. Vlasov M. V. The impact of digital technologies on firms' transaction costs / M. V. Vlasov, A. S. Okhlopkov // Economic Analysis: Theory and Practice. – 2022. – Vol. 21, No. 3. – P. 497–521. – DOI 10.24891/ea.21.3.497.
2. Gorodnova N. V. Reduction of transaction costs in the digital economy / N. V. Gorodnova // Creative Economy. – 2022. – Vol. 16, No. 6. – P. 2073–2092. – DOI 10.18334/ce.16.6.114818.
3. Dmitrieva N. E. Digital platforms as subjects and objects of regulation, or how platforms are changing the public administration system / N. E. Dmitrieva, O. S. Minchenko, E. V. Rylskikh // Public Administration Issues. – 2022. – No. 2. – P. 60–84. – DOI 10.17323/1999-5431-2022-0-2-60-84.
4. Kovaleva G. G. Organizational expenditures on the implementation and use of digital technologies in 2025 / G. G. Kovaleva, T. S. Zinina. – Moscow: ISSEK HSE, 2026. – URL: https://issek.hse.ru/news/1191913678.html (accessed: 24.09.2026).
5. Brynjolfsson E. Generative AI at Work / E. Brynjolfsson, D. Li, L. Raymond // The Quarterly Journal of Economics. – 2025. – Vol. 140, No. 2. – P. 889–942. – DOI 10.1093/qje/qjae044.
6. Chen W. A Transaction Cost Perspective on Blockchain Governance in Global Value Chains / W. Chen, D. Botchie, A. Braganza, H. Han // Strategic Change. – 2022. – Vol. 31, No. 1. – P. 75–87. – DOI 10.1002/jsc.2487.
7. Culotta C. Theories of Digital Platforms for Supply Chain Management: A Systematic Literature Review / C. Culotta, C. Blome, M. Henke // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 2024. – Vol. 54, No. 5. – P. 449–475. – DOI 10.1108/IJPDLM-01-2023-0016.
8. Derner E. A Security Risk Taxonomy for Prompt-Based Interaction With Large Language Models / E. Derner, K. Batistič, J. Zahálka, R. Babuška // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 126176–126187. – DOI 10.1109/ACCESS.2024.3450388.
9. Feuerriegel S. Generative AI / S. Feuerriegel, J. Hartmann, C. Janiesch, P. Zschech // Business & Information Systems Engineering. – 2024. – Vol. 66, No. 1. – P. 111–126. – DOI 10.1007/s12599-023-00834-7.
10. Golovanova S. The Institutional Environment and Gig Platform Transaction Cost Solutions / S. Golovanova, E. Pontual Ribeiro, E. Styrin, I. Makarov // Journal of Institutional Economics. – 2024. – Vol. 20. – Art. e12. – DOI 10.1017/S1744137423000383.
11. Kasirzadeh A. Agentic Profiles for Effective AI Governance / A. Kasirzadeh, I. Gabriel // Nature. – 2026. – Vol. 656, No. 8127. – P. 320–328. – DOI 10.1038/s41586-026-10805-z.
12. Singla A. The State of AI in 2025: Agents, Innovation, and Transformation / A. Singla, A. Sukharevsky, L. Yee, M. Chui. – McKinsey & Company, 2025. – URL: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/quantumblack/our%20insights/the%20state%20of%20ai/november%202025/the-state-of-ai-2025-agents-innovation_cmyk-v1.pdf (access date: 09/24/2026).
13. Riedl M. O. AI Agents and the Law / M. O. Riedl, D. R. Desai // Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society. – 2025. – Vol. 8, No. 3. – P. 2189–2198. – DOI 10.1609/aies.v8i3.36705.
14. Sankararaman H. Provenance: A Light-weight Fact-checker for Retrieval Augmented LLM Generation Output / H. Sankararaman, M. N. Yasin, T. Sorensen, A. Di Bari, A. Stolcke // Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track. – 2024. – P. 1305–1313. – DOI 10.18653/v1/2024.emnlp-industry.97.
15. Shahab S. Transaction Costs in Planning Literature: A Systematic Review / S. Shahab // Journal of Planning Literature. – 2022. – Vol. 37, No. 3. – P. 403–414. – DOI 10.1177/08854122211062085.
16. Thales. 2026 Bad Bot Report: Bad Bots in the Agentic Age. – 2026. – URL: https://www.imperva.com/resources/resource-library/reports/2026-bad-bot-report/ (access date: 08/01/2026).
17. Vatiero M. Smart Contracts vs Incomplete Contracts: A Transaction Cost Economics Viewpoint / M. Vatiero // Computer Law & Security Review. – 2022. – Vol. 46. – Art. 105710. – DOI 10.1016/j.clsr.2022.105710. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267364922000577?via%3Dihub (access date: 12/04/2025).
18. Wu J. Blockchain's Impact on Platform Supply Chains: Transaction Cost and Information Transparency Perspectives / J. Wu, J. Yu // International Journal of Production Research. – 2023. – Vol. 61, No. 11. – P. 3703–3716. – DOI 10.1080/00207543.2022.2027037.
19. Zhou L. How B2B Platform Improves Buyers' Performance: Insights into Platform's Substitution Effect / L. Zhou, H. Mao, T. Zhao, V. L. Wang, X. Wang, P. Zuo // Journal of Business Research. – 2022. – Vol. 143. – P. 72–80. – DOI 10.1016/j.jbusres.2022.01.060.

Внутридневная микроструктурная инвариантность российского валютного рынка

Савин Алексей Леонидович
аспирант, Московская Школа Экономики, МГУ им М.В. Ломоносова, alsavin@nes.ru, Savin Aleksei Leonidovich

Цель исследования — проверить применимость гипотез внутридневной микроструктурной инвариантности к современному российскому валютному рынку и оценить возможность улучшения общеизвестных инвариантов с помощью характеристик ликвидности. Используются пятиминутные данные Московской биржи за 14 июня 2024 г. — 6 июля 2026 г. по двум спотовым контрактам на валютную пару CNY/RUB, вечным и квартальным фьючерсам на CNY/RUB и USD/RUB. Сопоставлены ограничения классических гипотез, сравниваются объясняющая роль и устойчивость оценок по периодам для числа сделок и среднего размера сделки. Построен внутридневной инвариант с поправкой на глубину первых трёх уровней стакана за предыдущий пятиминутный интервал. Классические ограничения отвергаются для всех шести инструментов. Число сделок даёт более устойчивую базовую нормировку, однако для спотового рынка она оставляет заметную необъясненную дисперсию. При проверке вне обучающей выборки поправка на глубину уменьшает дисперсию профиля инварианта для всех инструментов. Сокращение составляет 62,1% для CNY/RUB TOM и 40,2% для CNY/RUB TOD.

Ключевые слова: микроструктура рынка, инвариантность, российский валютный рынок, волатильность, число сделок, глубина стакана.

Введение

Валютный рынок играет ключевую роль для страны, поскольку связывает национальную экономику с глобальной. В России торговля валютными инструментами осуществляется на Московской бирже и на внебиржевом межбанковском рынке. С 2022 года санкционные ограничения изменили структуру валютного рынка. После прекращения биржевых торгов долларом США и евро в июне 2024 года центральное место занял китайский юань [1]. Эти изменения придают особую актуальность изучению микроструктуры современного российского валютного рынка.

Число и количество сделок, волатильность и ликвидность — взаимосвязанные характеристики ценообразования. Изменение интенсивности торговли мотивирует переход к деловому времени, измеряемому рыночными событиями. Гипотезы микроструктурной внутридневной торговой инвариантности предполагают устойчивость определённых соотношений между характеристиками торгового процесса [2; 3].

На российском валютном рынке теория микроструктурной инвариантности применялась к анализу кризиса декабря 2014 года [4]. Однако устойчивость внутридневных соотношений в современных условиях требует отдельной проверки.

Для спотового рынка важно распределение торговли между биржевым и внебиржевым сегментами: наблюдаемое число биржевых сделок может неполным образом характеризовать совокупную активность. Предполагается, что глубина биржевого стакана содержит дополнительную информацию о ненаблюдаемой внебиржевой активности.

Цель исследования — проверить основные гипотезы внутридневной связи волатильности с переменными торговой активности и оценить дополнительный вклад предшествующего состояния ликвидности. На пятиминутных данных Московской биржи рассматриваются спотовые инструменты CNY/RUB с расчётами TOD и TOM, вечные и квартальные фьючерсы на CNY/RUB и USD/RUB. Сопоставляется условный вклад числа сделок и среднего размера сделки, изменчивость оценок между периодами и спецификациями. Затем проверяется, сохраняется ли уменьшение дисперсии инварианта при добавлении лагированной глубины на последующем периоде без переоценивания коэффициентов.

Вклад исследования состоит в проверке внутридневной инвариантности современного российского валютного рынка и расширении классического инварианта за счёт переменной, характеризующей ликвидность. Результаты могут быть полезны бирже, регулятору и участникам торгов.

Обзор литературы

Clark (1973) [11] предложил модель делового времени, в которой объём торгов служит наблюдаемым индикатором интенсивности поступления информации. Jones, Kaul и Lipson (1994) [7] показали ведущую роль числа сделок при моделировании связи торговой активности и волатильности. Результаты Murphy и Izzeldin (2006) [12] указывают на ограничения использования числа сделок и среднего объема сделки как мер делового времени, чем мотивируют учёт дополнительных микроструктурных характеристик.

Kyle и Obizhaeva (2016) [2] рассматривают торговлю как передачу риска посредством ставок, исполняемых сериями сделок. Интенсивность поступления ставок задаёт деловое время. Гипотеза предполагает устойчивость распределений риска и транзакционных издержек одной ставки при соответствующей нормировке на деловое время.

Связь ненаблюдаемых ставок с отдельными сделками неоднозначна. Используя эту концепцию как ориентир, Andersen, Bondarenko, Kyle и Obizhaeva (2018) [3] сформулировали гипотезу внутридневной торговой инвариантности (ITI), связывающую волатильность, число сделок, их средний размер и цену. При приблизительном постоянстве цены логарифмическая спецификация предполагает коэффициенты 1 при числе сделок и −2 при среднем размере сделки.

Теплова и Гуров [13] исследовали внутридневную инвариантность на пятиминутных данных по 32 ликвидным акциям Московской биржи. Оценка коэффициента при среднем размере сделки −2,126 оказалась близка к значению −2, предусмотренному ITI. Вместе с тем авторы выявили повышение уровня инварианта в периоды сильных падений рынка. На российском валютном рынке Obizhaeva и Piftankin (2023) [4] использовали теорию микроструктурной инвариантности для анализа ликвидности и процесса ценообразования во время кризиса декабря 2014 года.

Связь инвариантности с транзакционными издержками исследуют Benzaquen, Donier и Bouchaud [14]: различия в уровне инварианта между инструментами уменьшаются при нормировке на произведение спреда и среднего размера сделки. Bucci и соавторы (2019) [5] на данных о крупных заявках учитывают в инварианте как издержки на спред, так и влияние исполнения на цену. Такая нормировка существенно уменьшает различия инварианта между инструментами.

Материалы и методы

Эмпирическую базу исследования составляют пятиминутные данные Московской биржи за период с 14 июня 2024 г. по 6 июля 2026 г. Рассматри-

ваются шесть инструментов валютной и срочной секций: контракты на валютную пару CNY/RUB с расчётами TOD и TOM, вечные и квартальные фьючерсы на валютные пары CNY/RUB и USD/RUB. Для квартальных фьючерсов используются последовательности ближайших к экспирации контрактов.

Для каждого пятиминутного интервала используются число сделок, объём торгов, максимальная и минимальная цены за этот период в биржевом стакане. Средний размер сделки определяется как отношение объёма торгов к числу сделок, а дисперсия доходности оценивается по формуле Паркинсона на основе интервального диапазона цен. Ликвидность характеризуется совокупным видимым объёмом заявок на покупку и продажу в пределах первых трёх уровней стакана.

В работе используются данные только по основной торговой сессии. Для всех инструментов из выборки удаляются наблюдения, соответствующие первому и последнему промежутку времени основной торговой сессии данного инструмента. Для фьючерсов дополнительно убирается промежуток времени с началом в 14:05, соответствующий дневному клирингу.

В ряде моделей используется глубина биржевого стакана за непосредственно предшествующий пятиминутный интервал. В выборке для таких моделей дополнительно исключены интервалы 10:05 и 14:10, не имеющие предшествующих значений глубины. Базовая модель и модель, включающая характеристики ликвидности, сравниваются на одной и той же выборке.

Подготовка данных и все статистические расчеты выполнены на языке программирования Python.

1. Связь волатильности с торговой активностью: модель без ограничений

Разложим торговую активность на две составляющие: число сделок $N_{d,t}$ и средний размер сделки $Q_{d,t}$. Их произведение равняется объему торгов: $V_{d,t} = N_{d,t}Q_{d,t}$, где d обозначает торговый день, а t - пятиминутный интервал в течение дня.

Для каждого инструмента отдельно оценивается регрессионная модель:

$$s_t = \alpha + \beta_N n_t + \beta_Q q_t + \varepsilon_t. \quad (1)$$

Здесь $s_t = \langle \ln \sigma^2 d,t\rangle d$, $n_t = \langle \ln Nd,t\rangle d$, $q_t = \langle \ln Qd,t\rangle$, где угловые скобки обозначают среднее по торговым дням для соответствующего внутридневного интервала.

В рамках спецификации (1) проверяются 4 статистические гипотезы, задающие ограничения на коэффициенты β_N, β_Q:

$$H_{\mathrm{ITI}} : (\beta_N, \beta_Q) = (1, -2)$$
$$H_{\mathrm{MDH-N}} : (\beta_N, \beta_Q) = (1, 0)$$
$$H_{\mathrm{MDH-V}} : (\beta_N, \beta_Q) = (1, 1)$$
$$H_J : \beta_Q = 0,\ \beta_N \text{ без ограничений.} \quad (2)$$

Гипотеза ITI предлагает постоянство отношения σ^2Q^2/N. Гипотезы MDH-N и MDH-V соответствуют гипотезе смешения распределений, в которой дисперсия пропорциональна соответственно числу сделок или объему торгов. Все три гипотезы рассматриваются в работе Andersen, Bondarenko, Kyle и Obizhaeva [3].

Гипотеза J отражает результат Jones, Kaul и Lipson [7]: средний размер сделки не содержит дополнительной информации о волатильности после учёта числа сделок. В модели (1) это означает $\beta_Q = 0$ без ограничения на коэффициент при числе сделок.

Модель оценивается методом наименьших квадратов. Для статистических выводов используется ковариационная матрица HAC с ядром Бартлетта и четырьмя лагами по упорядоченным внутридневным интервалам. Ограничения проверяются тестами Вальда: для ITI, MDH-N и MDH-V совместно проверяются два ограничения, для гипотезы J - одно. При нулевой гипотезе статистики имеют асимптотическое распределение χ^2 соответственно с двумя и одной степенью свободы. Основной уровень значимости составляет 5%.

Гипотезы ITI, MDH-N и MDH-V отвергаются для всех шести инструментов на уровне 5% (таблица 1). Для спотовых инструментов и квартального фьючерса на юань коэффициент при среднем размере сделки положителен вместо значения −2 в ITI. Для долларовых фьючерсов он отрицателен, но коэффициент при числе сделок значимо превышает единицу.

Таблица 1
Оценки модели без ограничений и проверка четырёх гипотез

Инструмент	$\hat{\beta}_N$	$\hat{\beta}_Q$	R^2
CNY, вечный фьючерс	1,331*** (0,106)	−0,091 (0,597)	0,946
CNY, квартальный фьючерс	1,073*** (0,146)	2,149*** (0,534)	0,849
CNYRUB спот, расчеты TOD	0,426*** (0,121)	2,718*** (0,949)	0,466
CNYRUB спот, расчеты TOM	0,536*** (0,157)	1,722** (0,675)	0,445
USD, вечный фьючерс	1,463*** (0,100)	−1,922* (1,157)	0,898
USD, квартальный фьючерс	1,383*** (0,111)	−1,570*** (0,580)	0,904

Таблица 1 (продолжение)

Инструмент	p_{ITI}	$p_{\mathrm{MDH-N}}$	$p_{\mathrm{MDH-V}}$	p_J
CNY, вечный фьючерс	<0,001	<0,001	0,006	0,879
CNY, квартальный фьючерс	<0,001	<0,001	0,018	<0,001
CNYRUB спот, расчеты TOD	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
CNYRUB спот, расчеты TOM	<0,001	<0,001	<0,001	0,011
USD, вечный фьючерс	<0,001	<0,001	<0,001	0,097
USD, квартальный фьючерс	<0,001	0,003	<0,001	0,007

Примечание. Выборка: 14.06.2024-06.07.2026. Регрессии оценены по усреднённым внутридневным логарифмическим переменным: 107 интервалов для CNYRUB_TOM, 92 - для CNYRUB_TOD и 105 - для каждого фьючерса. В скобках приведены стандартные ошибки HAC(4). Звёзды обозначают значимость двустороннего теста коэффициента на равенство нулю: * p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01. Последние четыре столбца содержат p-значения тестов ограничений (2).

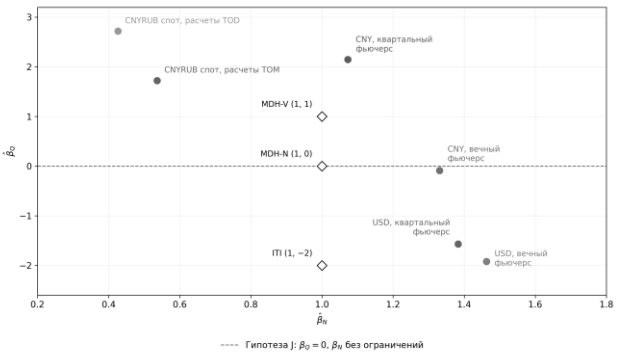


Рисунок 1. Оценки коэффициентов ($\hat{\beta}_N$, $\hat{\beta}_Q$) и проверяемые ограничения
Примечание. Кругами обозначены точечные оценки для исследуемых инструментов, ромбами - значения, соответствующие ITI, MDH-N и MDH-V. Пунктирная линия представляет ограничение J: $\beta_Q = 0$ при неограниченном β_N. Рисунок иллюстрирует расположение оценок; статистические выводы основаны на тестах из таблицы 1.

Гипотеза J не отвергается только для вечных фьючерсов на юань и доллар: p-значения равны 0,879 и 0,097. Для долларового контракта она отвергается на уровне 10%.

Доля объяснённой дисперсии инварианта для фьючерсов составляет 0,849–0,946, для спотовых инструментов — 0,445–0,466. Получаем что связь волатильности с торговой активностью выражена сильнее на срочном рынке. Далее рассматривается вклад каждой компоненты активности.

2. Объясняющий вклад и устойчивость переменных торговой активности

Сопоставим условный вклад числа сделок и среднего размера сделки, изменчивость коэффициентов между периодами и их чувствительность к спецификации.

Для этого рассмотрим две однофакторные модели:

$$M_N : s_t = \alpha^{(N)} + \beta_N^{(N)} n_t + \varepsilon_t^{(N)},$$
$$M_Q : s_t = \alpha^{(Q)} + \beta_Q^{(Q)} q_t + \varepsilon_t^{(Q)}. \quad (3)$$

Чтобы учесть различие в количестве регрессоров используется скорректированный коэффициент детерминации

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2)\frac{T-1}{T-k-1},$$

где T - число внутридневных интервалов, а k - число регрессоров.

Для демонстрации условного вклада каждого регрессора используются частные коэффициенты детерминации:

$$R^2_{N|Q} = \frac{R^2_{NQ} - R^2_Q}{1 - R^2_Q},\quad R^2_{Q|N} = \frac{R^2_{NQ} - R^2_N}{1 - R^2_N}. \quad (4)$$

Показатели $R^2_{N|Q}$ и $R^2_{Q|N}$ показывают долю остаточной дисперсии однофакторной модели, объясняемую добавлением второго регрессора.

Для всех инструментов условный вклад числа сделок выше: $R^2_{N|Q}$ составляет 0,263–0,945 против 0–0,355 для $R^2_{Q|N}$. Вклад среднего размера сделки равен 0,120 для TOD и 0,102 для TOM; максимален для квартального фьючерса на юань (0,355). Для вечного фьючерса на юань его добавление не улучшает скорректированный R^2.

Коэффициент при числе сделок значим на уровне 5% для всех инструментов. Коэффициент при среднем размере сделки значим на уровне 5% для спота и квартальных фьючерсов, на уровне 10% — для вечного фьючерса на доллар и незначим для вечного фьючерса на юань (таблица 1). Число сделок преобладает по условному вкладу, однако средний размер сделки также содержит дополнительную информацию.

Для анализа временной стабильности коэффициентов модели (1) и (3) оцениваются отдельно на периодах P1 — 14.06.2024–28.02.2025, P2 — 03.03.2025–31.10.2025 и P3 — 01.11.2025–06.07.2026. Внутридневное усреднение выполняется внутри каждого периода. Оценки совместной модели представлены на рисунке 2. В однофакторных моделях диапазон коэффициента при среднем размере сделки также шире, чем при числе сделок.

Во всех 18 парах «инструмент — период» коэффициент при числе сделок положителен и значим на уровне 5%. Для каждого инструмента диапазон его оценок уже, чем при среднем размере сделки.

Коэффициент при среднем размере сделки меняет знак у вечного фьючерса на юань и обоих спотовых инструментов. Для спота отрицательные оценки в P1 незначимы, положительные в P2 и P3 значимы на уровне 5%. Для вечного фьючерса на юань коэффициент незначим во всех периодах.

У долларовых фьючерсов коэффициент при Q отрицателен во всех периодах, хотя не всегда значим. У квартального фьючерса на юань — положителен и значим. Его связь с волатильностью неоднородна по знаку.

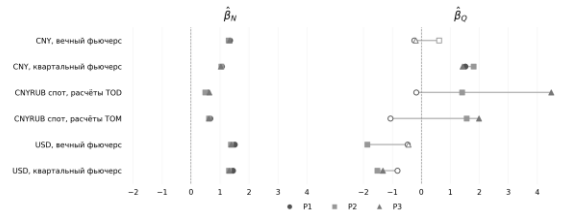


Рисунок 2. Оценки коэффициентов совместной модели (1) для трёх временных периодов
Примечание. Маркеры — оценки по периодам P1–P3, серые отрезки — их диапазоны. Заполненные маркеры означают значимость на уровне 5%, пустые — её отсутствие.

Чувствительность к спецификации измеряется средним по периодам абсолютным различием оценок в однофакторной и совместной моделях:

$$A_N = \frac{1}{3}\sum_{p=1}^{3}\left|\hat{\beta}_{N,p}^{(N)} - \hat{\beta}_{N,p}^{(NQ)}\right|,$$

$$A_Q = \frac{1}{3}\sum_{p=1}^{3}\left|\hat{\beta}_{Q,p}^{(Q)} - \hat{\beta}_{Q,p}^{(NQ)}\right|. \qquad (5)$$

Таблица 2
Чувствительность коэффициентов к спецификации модели

Инструмент	A_N	A_Q
CNY, вечный фьючерс	0,005	1,333
CNY, квартальный фьючерс	0,103	1,733
CNYRUB спот, расчёты TOD	0,056	2,033
CNYRUB спот, расчёты TOM	0,136	2,459
USD, вечный фьючерс	0,036	3,110
USD, квартальный фьючерс	0,016	0,685

Для всех инструментов $A_N < A_Q$: изменение коэффициента при числе сделок составляет 0,005–0,136 против 0,685–3,110 при среднем размере сделки (таблица 2).

Больший условный вклад числа сделок и меньшая изменчивость его коэффициента между периодами и спецификациями обосновывают выбор базового микроструктурного инварианта:

$$I_{d,t}^{N} = \frac{\sigma_{d,t}^2}{N_{d,t}^{\beta}}, \qquad (6)$$

Скорректированный коэффициент детерминации базовой модели (3) составляет 0,764–0,946 для фьючерсов, 0,376 для TOD и 0,387 для TOM. Более слабое описание спотовой волатильности мотивирует учёт дополнительных микроструктурных характеристик при построении инварианта.

3. Микроструктурный инвариант с поправкой на ликвидность

Одной из причин различий между срочным и спотовым сегментами может быть разделение спотовой торговли на биржевую и внебиржевую составляющие:

$$N_{d,t}^{\text{общ}} = N_{d,t}^{\text{MOEX}} + N_{d,t}^{\text{вне MOEX}}.$$

Используемые в работе данные содержат только $N_{d,t,\text{MOEX}}$: сопоставимая внутридневная статистика внебиржевых спотовых сделок по CNY/RUB недоступна. При изменении доли биржевого исполнения одинаковому наблюдаемому биржевому числу сделок может соответствовать разная совокупная активность рынка. Напротив, для фьючерсов биржевые сделки полностью характеризуют активность в соответствующем контракте.

Исследования фрагментированных рынков связывают состояние биржевого стакана с интенсивностью внебиржевого потока заявок и отмечают его влияние на процесс хеджирования дилерских позиций на бирже [8–10]. Возможную информационную связь глубины стакана с ненаблюдаемой совокупной активностью представим как

$$\frac{N_{d,t,\text{общ}}}{N_{d,t,\text{MOEX}}} \approx a(D_{d,t-1}),$$

где $D_{d,t-1}$ — глубина первых трёх уровней стакана за предыдущий пятиминутный интервал.

Глубина биржевого стакана также связана с механизмом влияния на рынок: меньшей глубине соответствует более сильная реакция цены на дисбаланс потока заявок [6]. Этот механизм применим к споту и фьючерсам. Таким образом, глубина стакана может отражать как распределение активности между сегментами, так и характер влияния на рынок потока биржевых заявок. Отдельно идентифицировать эти механизмы на имеющихся данных невозможно.

Для каждого инструмента оценивается модель с поправкой на ликвидность

$$s_t = \alpha + \beta n_t + \gamma d_t + \varepsilon_t, \qquad d_t = \langle \ln D_{d,t-1} \rangle_d. \qquad (7)$$

Расширенной модели соответствует инвариант

$$I_{d,t}^{LN} = \frac{\sigma_{d,t}^2}{N_{d,t}^{\beta} D_{d,t-1}^{\gamma}}. \qquad (8)$$

Если модель (7) адекватно описывает внутридневную волатильность, то профиль I^{LN} должен быть близок к постоянному значению.

Модели сравниваются по скорректированному R^2. Условный вклад глубины измеряется показателем

$$R_{D|N}^2 = \frac{R_{N+D}^2 - R_N^2}{1 - R_N^2},$$

который показывает долю дисперсии, оставшуюся необъяснённой моделью с числом сделок, но дополнительно объясняемую глубиной.

Таблица 3
Объясняющий вклад предшествующей глубины стакана

Инструмент	Скорр. R^2_N	Скорр. R^2_{N+D}	$R^2_{D\|N}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\gamma}$
CNY, вечный фьючерс	0,939	0,943	0,075	1,239***[1;1]SEP(0,070)	−0,233[1;1]SEP(0,201)
CNY, квартальный фьючерс	0,774	0,860	0,388	1,061***[1;1]SEP(0,085)	−1,244***[1;1]SEP(0,395)
CNYRUB спот, расчёты TOD	0,485	0,759	0,537	0,844***[1;1]SEP(0,121)	−4,020***[1;1]SEP(0,599)
CNYRUB спот, расчёты TOM	0,419	0,794	0,649	0,944***[1;1]SEP(0,143)	−2,716***[1;1]SEP(0,436)
USD, вечный фьючерс	0,862	0,871	0,071	1,239***[1;1]SEP(0,166)	−0,659[1;1]SEP(0,775)
USD, квартальный фьючерс	0,878	0,956	0,645	1,227***[1;1]SEP(0,036)	−1,457***[1;1]SEP(0,114)

Примечание. Период исследования: 14.06.2024–06.07.2026. $R^2_{D|N}$ рассчитан по обычным R^2, тогда как в первых двух столбцах приведены скорректированные на число переменных значения. В скобках указаны стандартные ошибки HAC(4). * — $p<0{,}10$; ** — $p<0{,}05$; *** — $p<0{,}01$.

Для спотовых инструментов $R^2_{D|N}$ равен 0,649 (TOM) и 0,537 (TOD). Вклад заметен и для квартальных фьючерсов, особенно для долларового. Для вечных фьючерсов вклад глубины стакана мал, а коэффициент при глубине незначим.

В модели (7) с индикаторами периодов P1–P3 и их взаимодействиями с регрессорами тестами Вальда проверяются гипотезы

$$H_\beta: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3, \quad H_\gamma: \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3,$$

а также их совместное выполнение. Свободный член может различаться между периодами, используются стандартные ошибки HAC(4).

Таблица 4
Оценки коэффициентов по периодам и проверка их равенства

Инструмент	Диапазон β	Диапазон γ	p_β	p_γ	p_{joint}
CNY, вечный фьючерс	1,168–1,267	−0,303–−0,198	0,561	0,956	0,877
CNY, квартальный фьючерс	0,911–1,138	−1,539–−0,860	0,197	0,379	0,165
CNYRUB спот, расчёты TOD	0,706–0,844	−5,071–−2,657	0,658	0,105	0,092
CNYRUB спот, расчёты TOM	0,826–0,964	−2,638–−2,275	0,807	0,816	0,957
USD, вечный фьючерс	0,924–1,450	−1,530–0,121	0,003	0,024	0,008
USD, квартальный фьючерс	1,155–1,311	−1,222–−1,140	0,114	0,873	0,302

Примечание. Диапазоны представляют минимальную и максимальную оценки в периодах $P1$–$P3$. p_{joint} относится к совместной проверке четырёх ограничений.

Совместное равенство коэффициентов отвергается только для вечного фьючерса на доллар. Для остальных инструментов оснований отвергнуть гипотезу на уровне 5% нет.. Для контракта TOD p-значение совместного теста равно 0,092, что сравнительно близко к уровню значимости в 5%.
Внутривыборочное улучшение не гарантирует сохранения результата на новых данных. Поэтому коэффициенты оцениваются на $P1+P2$ и без переоценивания применяются к $P3$. Хронологическое разделение выборки исключает использование будущих наблюдений при оценивании коэффициентов и проверяет инвариант на более позднем участке выборки.

Однородность профиля инварианта измеряется стандартным отклонением его среднего логарифма по времени суток. Сокращение дисперсии при переходе от I^{N} к I^{LN} на периоде $P3$ определяется как

$$G_{P3} = 1 - \frac{\mathrm{Var}_t\langle \ln I^{LN}_{d,t}\rangle_d}{\mathrm{Var}_t\langle \ln I^{N}_{d,t}\rangle_d}. \quad (9)$$

Положительное значение G_{P3} означает, что поправка на ликвидность делает профиль внутридневного инварианта более однородным на новых данных.

Таблица 5
Однородность профилей внутридневных инвариантов на новых данных

Инструмент	$\sqrt{\mathrm{Var}_t(\langle \ln I^{N}_{d,t}\rangle_d)}$	$\sqrt{\mathrm{Var}_t(\langle \ln I^{LN}_{d,t}\rangle_d)}$	G_{P3}, %
CNY, вечный фьючерс	0,097	0,092	10,9
CNY, квартальный фьючерс	0,210	0,183	24,2
CNYRUB спот, расчёты TOD	0,334	0,258	40,2
CNYRUB спот, расчёты TOM	0,313	0,193	62,1
USD, вечный фьючерс	0,129	0,120	12,9
USD, квартальный фьючерс	0,156	0,107	53,2

Примечание. Коэффициенты оценены на периоде $P1 \cup P2$ и без переоценивания применены к периоду $P3$. Меньшее стандартное отклонение означает более однородный профиль независимо от сдвига его среднего уровня.

Для всех инструментов GP3 положителен (таблица 5). Наибольшее сокращение дисперсии получено для спотового контракта с расчетами TOM (62,1%), квартального фьючерса на доллар (53,2%) и спотового контракта с расчетами TOD (40,2%). Улучшение профиля инварианта сохраняется вне обучающей выборки.

Заключение

Насколько известно автору, в работе впервые систематически проверена внутридневная микроструктурная инвариантность современного российского валютного рынка. Единая методология позволила сопоставить спотовые инструменты с вечными и квартальными фьючерсами.

Классические гипотезы ITI, MDH-N и MDH-V отвергаются для всех шести инструментов. Число сделок превосходит средний размер сделки по условному вкладу; его коэффициент менее изменчив между периодами и спецификациями. Это обосновывает базовую нормировку (6), соответствующую идее Jones, Kaul и Lipson [7].

Для спотовых инструментов базовый инвариант (6) оставляет значительную долю необъясненной дисперсии, что может быть связано с фрагментацией спотового рынка и неполным отражением совокупной торговой активности в биржевых данных. Для уточнения инварианта предложена поправка на ликвидность (8), учитывающая глубину первых трех уровней стакана.

На последующем периоде нормировка с поправкой на ликвидность улучшает однородность профиля всех шести инструментов: дисперсия среднего логарифма инварианта сокращается на 62,1% для контракта TOM, 40,2% для контракта TOD и 53,2% для квартального фьючерса на доллар.

Дальнейшие исследования могут включать в себя проверку инварианта на других классах активов и выявление причин различий в уровне инварианта между инструментами для построения единого межинструментального инварианта.

Литература

1. Банк России. Годовой отчёт Банка России за 2024 год. — Москва : Банк России, 2025.
2. Kyle A. S., Obizhaeva A. A. Market Microstructure Invariance: Empirical Hypotheses // Econometrica. — 2016. — Vol. 84, no. 4. — P. 1345–1404.
3. Andersen T. G., Bondarenko O., Kyle A. S., Obizhaeva A. A. Intraday Trading Invariance in the E-mini S&P 500 Futures Market // SSRN Electronic Journal. — 2018.
4. Obizhaeva A. A., Piftankin G. The Russian Rouble Crisis of December 2014: Structure and Liquidity of a Foreign Exchange Market // Russian Journal of Money and Finance. — 2023. — Vol. 82, no. 1. — P. 104–136.
5. Bucci F., Lillo F., Bouchaud J.-P., Benzaquen M. Are Trading Invariants Really Invariant? Trading Costs Matter // arXiv preprint arXiv:1902.03426. — 2019.
6. Cont R., Kukanov A., Stoikov S. The Price Impact of Order Book Events // Journal of Financial Econometrics. — 2014. — Vol. 12, no. 1. — P. 47–88.
7. Jones C. M., Kaul G., Lipson M. L. Transactions, Volume, and Volatility // The Review of Financial Studies. — 1994. — Vol. 7, no. 4. — P. 631–651.
8. Aramian F., Nordén L. L. High-Frequency Traders and Single-Dealer Platforms. — Working Paper, 2021.
9. Aramian F., Nordén L. L. Costs and Benefits of Trading with Stock Dealers: The Case of Systematic Internalizers // European Financial Management. — 2024. — Vol. 30. — P. 1094–1124.
10. Douglas R. There When You (Don't) Need It: The Reliability of Odd-Lot Liquidity. — Office of Financial Research Working Paper, 2025. — No. 25-01.
11. Clark P. K. A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices // Econometrica. — 1973. — Vol. 41, no. 1. — P. 135–155.
12. Murphy A., Izzeldin M. Order Flow, Transaction Clock, and Normality of Asset Returns: A Comment on Ané and Geman (2000). — Working Paper, 2006.
13. Teplova T., Gurov S. Nonlinear Intraday Trading Invariance in the Russian Stock Market // Annals of Operations Research. — 2025. — Vol. 352. — P. 441–469.
14. Benzaquen M., Donier J., Bouchaud J.-P. Unravelling the Trading Invariance Hypothesis // Market Microstructure and Liquidity. — 2016. — Vol. 2, no. 3–4. — Art. 1650009.

Intraday market microstructure invariance in the Russian foreign exchange market

Savin A.L.
Moscow State University named after M.V. Lomonosov

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The aim of this study is to test the applicability of hypotheses of intraday market microstructure invariance to the contemporary Russian foreign exchange market and to assess whether established invariants can be improved using liquidity characteristics. We use five-minute Moscow Exchange data from 14 June 2024 to 6 July 2026 for two CNY/RUB spot contracts and perpetual and quarterly futures on CNY/RUB and USD/RUB. We test the restrictions imposed by classical hypotheses and compare the explanatory role of trade count and average trade size, as well as the stability of their estimates across periods. We construct an intraday invariant adjusted for the depth of the first three order-book levels in the preceding five-minute interval. The classical restrictions are rejected for all six instruments. Trade count provides a more stable baseline normalization, but it leaves substantial unexplained variance for spot instruments. In out-of-sample testing, the depth adjustment reduces the variance of the invariant's intraday profile for all instruments. The reduction is 62.1% for CNY/RUB TOM and 40.2% for CNY/RUB TOD.

Keywords: market microstructure, invariance, Russian foreign exchange market, volatility, trade count, order-book depth.

References

1. Bank of Russia. Annual Report of the Bank of Russia for 2024. Moscow: Bank of Russia, 2025.
2. Kyle A. S., Obizhaeva A. A. Market Microstructure Invariance: Empirical Hypotheses // Econometrica. 2016. Vol. 84, no. 4. P. 1345–1404.
3. Andersen T. G., Bondarenko O., Kyle A. S., Obizhaeva A. A. Intraday Trading Invariance in the E-mini S&P 500 Futures Market // SSRN Electronic Journal. 2018.
4. Obizhaeva A. A., Piftankin G. The Russian Rouble Crisis of December 2014: Structure and Liquidity of a Foreign Exchange Market // Russian Journal of Money and Finance. 2023. Vol. 82, no. 1. P. 104–136.
5. Bucci F., Lillo F., Bouchaud J.-P., Benzaquen M. Are Trading Invariants Really Invariant? Trading Costs Matter // arXiv preprint arXiv:1902.03426. 2019.
6. Cont R., Kukanov A., Stoikov S. The Price Impact of Order Book Events // Journal of Financial Econometrics. 2014. Vol. 12, no. 1. P. 47–88.
7. Jones C. M., Kaul G., Lipson M. L. Transactions, Volume, and Volatility // The Review of Financial Studies. 1994. Vol. 7, no. 4. P. 631–651.
8. Aramian F., Nordén L. L. High-Frequency Traders and Single-Dealer Platforms. Working Paper. 2021.
9. Aramian F., Nordén L. L. Costs and Benefits of Trading with Stock Dealers: The Case of Systematic Internalizers // European Financial Management. 2024. Vol. 30. P. 1094–1124.
10. Douglas R. There When You (Don't) Need It: The Reliability of Odd-Lot Liquidity. Office of Financial Research Working Paper. 2025. No. 25-01.
11. Clark P. K. A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices // Econometrica. 1973. Vol. 41, no. 1. P. 135–155.
12. Murphy A., Izzeldin M. Order Flow, Transaction Clock, and Normality of Asset Returns: A Comment on Ané and Geman (2000). Working Paper. 2006.
13. Teplova T., Gurov S. Nonlinear Intraday Trading Invariance in the Russian Stock Market // Annals of Operations Research. 2025. Vol. 352. P. 441–469.
14. Benzaquen M., Donier J., Bouchaud J.-P. Unravelling the Trading Invariance Hypothesis // Market Microstructure and Liquidity. 2016. Vol. 2, no. 3–4. Art. 1650009.

Классификация расходов бюджетов: синтез функциональных, целевых и результативных признаков

Савинова Анна Валерьевна
аспирант, кафедра государственных и муниципальных финансов, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Savinova.A@edu.rea.ru

В данной статье разработан авторский подход к классификации расходов бюджетов, дополняющий официальную бюджетную классификацию аналитическими признаками, а именно, целевым назначением (стратегические и тактические цели), обязательностью (безальтернативные и дискреционные), и типом достигаемых результатов (прямые и конечные), что позволяет использовать классификацию не только как инструмент учета, но и как основу для анализа соответствия расходов национальным целям развития и перехода к оценке долгосрочной эффективности расходов бюджетов, основанной на анализе их конечных эффектов. В классификации предлагаются следующие признаки: функциональный, целевой, программно-проектный, ведомственный, по уровням бюджета, по источникам финансирования, обязательность, результативность, экономический. Цель научной статьи – предложить разработанный подход к классификации бюджетных расходов, который систематизирует бюджетные расходы по нескольким признакам и широко представит их сущность с различных сторон классификации.

Ключевые слова: бюджетные расходы, производительные расходы, непроизводительные расходы, классификация расходов бюджетов, бюджетная система Российской Федерации.

В данной научной статье разработан авторский подход к классификации расходов бюджетов, дополняющий официальную бюджетную классификацию аналитическими признаками, а именно, целевым назначением (стратегические и тактические цели), обязательностью (безальтернативные и дискреционные), и типом достигаемых результатов (прямые и конечные), что позволяет использовать классификацию не только как инструмент учета, но и как основу для анализа соответствия расходов национальным целям развития и перехода к оценке долгосрочной эффективности расходов бюджетов, основанной на анализе их конечных эффектов. Предлагаемое введение уточнения «устойчивая и динамичная» в наименование функциональной статьи «Национальная экономика» демонстрирует возможность нормативного закрепления национальных целей и приоритетов устойчивого развития на уровне структуры классификации.

При исследовании применялись табличный, аналитический, индуктивный, дедуктивный методы, а также метод классификации.

Результатами исследования стала систематизирующая по признакам классификации бюджетных расходов таблица.

Исходя из структуры кода классификации бюджетных расходов, представленной в Бюджетном кодексе Российской Федерации, расходы можно структурировать по следующим классификационным признакам: функциональному (по направлениям государственной (муниципальной) деятельности) и ведомственному. Относительно обслуживания государственного долга Российской Федерации дополнительно выделяют процентные и непроцентные расходы.

Классификация расходов может быть структурирована по функциональным и ведомственным признакам. Классификация расходов включает в себя несколько уровней: разделы, подразделы, целевые статьи (государственные (муниципальные) программы, а также непрограммные направления деятельности) и группы (подгруппы) видов бюджетных расходов. В соответствии со статьей 21 Бюджетного кодекса Российской Федерации, выделены 14 основных направлений расходов, среди которых вопросы:

1. общегосударственные, включая расходы на функционирование органов государственной исполнительной и законодательной власти и местного самоуправления, проведение выборов, международные отношения, обеспечение деятельности судебных, финансовых и налоговых органов, фундаментальные и прикладные научные исследования;
2. национальной обороны, включая материально-техническое обеспечение армии, финансирование закупок военной техники, проведения боевых учений, участие в миротворческих операциях и научные исследования в области обороны и реализации международных обязательств, связанных с военно-техническим сотрудничеством;
3. национальной безопасности и правоохранительной деятельности, включая финансирование органов прокуратуры, внутренних дел, юстиции, безопасности, пограничной службы и мероприятий по защите населения от чрезвычайных ситуаций, расходы на предупреждение и ликвидацию последствий, возникших в их результате и расходы на гражданскую оборону;
4. национальной экономики, охватывающие расходы на общеэкономические вопросы, касающихся различных отраслей экономики промышленность топливно-энергетический комплекс, сельское хозяйство, строительство, транспорт и дорожное хозяйство, энергетику, прикладные исследования в этих областях, вопросы воспроизводства минерально-сырьевой базы страны, исследование и использование космического пространства. Финансовая поддержка перечисленных отраслей экономики осуществляется посредством механизмов прямых государственных закупок, субсидирования расходов, а также с помощью бюджетных инвестиций. Приоритетность данного направления расходов возрастает в условиях нестабильной внешней среды и проявляется в необходимости реализации антикризисных мер по поддержке национальной экономики;
5. жилищно-коммунального хозяйства, содержащие расходы на жилищное строительства и коммунальное хозяйство, благоустройство, научные исследования в них;
6. охраны окружающей среды, включая расходы на экологический контроль, удаление отходов, охрану объектов природы и прикладные исследования;
7. образования, которые являются одними из важнейших направлений, обеспечивая инвестиции в человеческий капитал. Финансирование охватывает дошкольное, общее, среднее профессиональное, высшее образование, молодежную политику и научные исследования в сфере образования;
8. культуры и кинематографии, включая финансирование культурных мероприятий, кинематографии и прикладных в них исследований;
9. здравоохранения, содержащих расходы на стационарную и амбулаторную помощь, скорой медицинской и санаторно-оздоровительной помощью, профилактикой заболеваний, санитарно-эпидемиологическое благополучие и научные исследования в области здравоохранения;
10. социальной политики, охватывающие расходы на социальное, пенсионное обеспечение, социальной защиты граждан, социальное обслуживание и охрану семьи и детства, расходы в части опеки и попечительства, борьбы с беспризорностью, прикладные исследования в социальной сфере;

11. физической культуры и спорта, включая финансирование физической культуры, массового спорта и спорта высших достижений, их научные исследования, пополнения объектов культурного наследия страны и финансовое обеспечение культурных мероприятий;

12. средств массовой информации, содержащей расходы на телевидение, радиовещание, печатные издания, прикладные исследования в сфере СМИ;

13. обслуживания государственного/муниципального долга, охватывающие расходы на обслуживание внутреннего и внешнего государственного долга;

14. межбюджетные трансферты бюджетам бюджетной системы Российской Федерации общего характера. Расходы по данному направлению обеспечивают сбалансированность бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, в первую очередь региональных и местных бюджетов, в результате перераспределительного характера расходов и предусматривает разделение межбюджетных трансфертов в форме:

дотации на выравнивание бюджетной обеспеченности региональных и местных бюджетов;

субсидии, касающиеся возмещения дополнительных расходов нижестоящих бюджетов и их выпадающих доходов;

субвенции, связанные с финансированием государственных полномочий;

прочие межбюджетные трансферты. Каждое из направлений расходов имеет свои подкатегории и специфические цели. Классификация позволяет структурировать бюджетные расходы и управлять средствами бюджетов на разных уровнях государственной власти. При этом зарубежный опыт финансовых отношений между центральными властями и органами местного самоуправления в большинстве стран основан на принципе финансовой самостоятельности муниципальных образований, благодаря которому последние являются независимыми в финансовом отношении, но они не могут расходовать больше средств, чем это позволяет местный бюджет. Функциональная классификация расходов включает в себя несколько уровней, таких как разделы и подразделы. Например, расходы на образование охватывают не только финансирование школ и вузов, но и программы по повышению квалификации учителей, поддержку детских садов и развитие образовательных технологий.

Ведомственная классификация бюджетных расходов как система распределения утвержденных законом о бюджете ассигнований среди главных распорядителей бюджетных средств, строится с учетом иерархической структуры бюджетной номенклатуры разделов, подразделов, целевых статей, групп, подгрупп видов расходов, а также с учетом дополнительно применяемой группировки расходов по программным и непрограммным направлениям. Реализация ведомствами собственных приоритетных задач непосредственно влияет на структуру распределения бюджетных средств.

Отраслевая специализация ведомств сопряжена с определенными рисками. Фрагментация целевых установок и отсутствие унифицированных критериев оценки результативности снижают общую эффективность использования бюджетных ресурсов. Внедрение много капитального стратегического бюджетирования (МКСБ) выступает значимым институциональным преобразованием бюджетной системы и позволяет преодолеть ведомственную разобщенность, увязать бюджетные расходы со сформулированными, количественно измеримыми целями, формами капитала и индикаторами долгосрочной эффективности.

В соответствии с национальными целями развития Российской Федерации сформирован комплекс государственных программ, охватывающих стратегические направления:

- сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия граждан;
- создание условий для самореализации и раскрытия талантов;
- формирование комфортной и безопасной среды для жизни;
- обеспечение сбалансированного регионального развития;
- содействие достойному, эффективному труду и успешному предпринимательству;
- стимулирование развития науки, промышленности и технологий;
- реализация цифровой трансформации;
- укрепление национальной безопасности и развитие международного сотрудничества и др. [4; 9].

Анализ международного опыта внедрения программных методов управления бюджетными расходами приобретает особую актуальность в контексте перехода Российской Федерации к модели бюджетирования, ориентированного на достижение конкретных результатов и максимизацию социально экономической отдачи от бюджетных вложений. В практике зарубежных стран такой подход предполагает формирование бюджета по приоритетным направлениям, соответствующим ключевым функциям государства и распределённым между профильными министерствами и ведомствами. Каждое направление включает расходы, связанные с определённой государственной функцией, и содержит перечень органов, ответственных за исполнение федеральных программ в рамках этих направлений, что способствует повышению прозрачности и контрольности использования бюджетных средств.

Разделение расходов федерального бюджета на «производительные» и «непроизводительные», предложено в рамках экономического анализа В.А. Слеповым, где в качестве критерия выступает экономическая результативность. К «производительным расходам», способствующим поступательному развитию экономики, включая фундаментальные исследования, производственную, транспортную и жилищную инфраструктуры, строительство, расходы, способствующие повышению уровня благосостояния граждан, относятся расходы на здравоохранение, образование, охрану окружающей среды и жилищно-коммунальное хозяйство. «Непроизводительные расходы» – расходы федерального бюджета, которые не обеспечивают положительного мультипликативного эффекта в отношении ВВП или имеют низкий эффект воздействия на его рост. Данные расходы не создают факторов роста экономики. К ним относятся расходы на государственное управление, включая содержание государственного аппарата, правоохранительные расходы, расходы на обслуживание государственного долга [1]. С позиции рассмотрения классификации расходов федерального бюджета, относительно обслуживания государственного долга, Российской Федерации дополнительно выделяют процентные и непроцентные расходы. Процентные расходы связаны с выплатой процентов по долговым обязательствам и не оказывают позитивного влияния на социальную сферу и экономику, в то время как непроцентные расходы направлены на финансирование общественных потребностей, имеют большее значение для развития социальной сферы и представляют разницу совокупных и процентных расходов.

В Бюджетном кодексе Российской Федерации отсутствует прямое определение понятия «классификация расходов бюджетов» как аналитической категории**,** несмотря на детальное регулирование структуры и применения бюджетной классификации. Существующие нормативные положения, включая Приказ № 82н, описывают технические элементы группировки расходов, но не раскрывают её целевую функцию в системе управления эффективностью публичных финансов. В этой связи автор предлагает ввести в научный оборот понятие классификации расходов бюджетов как систематизированного подхода к группировке бюджетных ассигнований по совокупности функциональным, целевым, экономическим и результативным признакам**,** отражающего не только направление средств, но и их стратегическую направленность, уровень планирования и характер достигаемых эффектов. Такое понимание классификации соответствует современной трансформации ее роли от инструмента учёта и контроля к основе стратегического управления расходами**,** обеспечивающей прозрачность, подотчётность и ориентацию на результат на всех уровнях бюджетной системы, позволяя использовать классификацию не только при отражении операций, но и при анализе соответствия расходов национальным целям, оценки их долгосрочной эффективности. В целях соответствия национальным целям развития, автор предлагает внести изменение в название раздела классификации расходов бюджетов «национальная экономика», дополнив словами «устойчивая и динамичная». Предлагаемое уточнения в наименование функциональной статьи «Устойчивая и динамичная национальная экономика» демонстрирует нормативного закрепление национальных целей и приоритетов на уровне структуры классификации.

Таблица 1

Классификация расходов бюджетов как основа оценки их долгосрочной эффективности

Классификационный признак	Группировка расходов	Аналитическое значение для оценки долгосрочной эффективности
Функциональный	Общегосударственные вопросы, национальная оборона, национальная безопасность и правоохранительная деятельность, устойчивая и динамичная национальная экономика, жилищно-коммунальное хозяйство, охрана окружающей среды, образование, здравоохранение, культура, кинематография, социальная политика, физическая культура и спорт, средства массовой информации обслуживание государственного (муниципального) долга, межбюджетные трансферты бюджетам общего характера	Определяет сферу воздействия расходов, позволяет сопоставлять их с национальными приоритетами и выявлять направления с высоким потенциалом долгосрочных эффектов (образование, здравоохранение охрана окружающей среды, устойчивая и динамичная национальная экономика, общегосударственные вопросы, национальная оборона)
Целевой	Стратегические цели - Повышение качества жизни, Устойчивое развитие, Экономический рост. Тактические цели - Национальная безопасность, Реализация государственных программ, Обеспечение доступности образования и здравоохранения, Поддержка малого и среднего бизнеса.	Разделяет расходы по горизонту планирования, как правило, стратегически ориентированные расходы, генерируют эффекты, проявляющиеся в долгосрочной перспективе.

Классификационный признак	Группировка расходов	Аналитическое значение для оценки долгосрочной эффективности
Программно-проектный	Непрограммные расходы и Программно-проектные расходы, включая расходы на государственные/ муниципальные программы, расходы на национальные проекты, расходы на ведомственные целевые программы	Программно-проектные расходы имеют конкретные цели и индикаторы, что делает их пригодными для оценки не только текущей, но и долгосрочной эффективности
Ведомственный	Расходы по главным распорядителям бюджетных средств (ГРБС), распорядителям бюджетных средств (РБС), получателям бюджетных средств (ПБС)	Обеспечивает прозрачность ответственности и управляемость расходов, что значимо для последующей оценки
Уровни бюджета	Федеральный бюджет, Региональные бюджеты (бюджеты субъектов РФ), Местные бюджеты (бюджеты муниципальных образований).	Позволяет анализировать распределение ответственности, эффективность децентрализованных расходов
Источники финансирования	Бюджетные средства, включая целевые поступления из других бюджетов (трансферты, дотации, субсидии) и Внебюджетные средства	Значимо в оценке устойчивости финансирования и зависимости субъектов от централизованных ресурсов
Обязательность	Безальтернативные (обязательные расходы), и дискреционные расходы	Рост доли обязательных расходов ограничивает объем ресурсов для перераспределения на стратегические цели, снижая гибкость бюджета и потенциал для долгосрочного развития
Результативность	Прямые результаты – количественные индикаторы эффективности, например, Количество получателей услуг, Объем выполненных работ, Количество построенных объектов. Конечные результаты – качественные индикаторы эффективности, например, Удовлетворенность граждан государственными/муниципальными услугами, Уровень безопасности, Уровень образования, Состояние окружающей среды	Конечные результаты, в отличии от прямых, отражают конечные долгосрочные эффекты, лежащие в основе понятия долгосрочной эффективности
Экономический	Текущие расходы (заработная плата, коммунальные услуги, закупка товаров и услуг), Капитальные расходы (строительство, приобретение оборудования), Трансферты населению (пенсии, пособия), Трансферты организациям и другим бюджетам.	Капитальные расходы и целевые трансферты обладают высоким инвестиционным потенциалом, формируя устойчивые эффекты, измеряемые в долгосрочной перспективе

Источник: составлено автором

Авторский подход к классификации бюджетных расходов предусматривает дополнение официальной бюджетной классификации аналитическими признаками, а именно, целевым назначением (стратегические и тактические цели) и типом достигаемых результатов (прямые и конечные), создавая основу анализу соответствия расходов национальным целям развития и переходу к оценке долгосрочной эффективности бюджетных расходов. В таблице 1 представлен подход классификации расходов бюджетов, с учетом ведомственного и функционального признака, вида деятельности, цели, результатов, уровня бюджета, источников финансирования.

Разделение расходов по целевому признаку на стратегические и тактические показывает, что цели бывают разного уровня, а не просто долгосрочные и краткосрочные. Разделение расходов на прямые и конечные результаты характеризует экономическую природу расходов и позволяет анализировать их влияние на экономику. Такое разделение, как по уровню целей и типу результатов, позволяет выйти за рамки формального деления на долгосрочные и краткосрочные и увидеть, какие именно расходы формируют устойчивое развитие, а какие направлены на поддержание текущей деятельности. Это создаёт основу для дифференцированного анализа экономической природы расходов; не просто «на что потрачено», а «какой эффект генерируется временный или системный». На основе анализа актуальных потребностей и приоритетов принимать обоснованные решения о перераспределении ресурсов становится доступно, что позволит оперативно реагировать на изменения в социально-экономической ситуации, адаптируя бюджетные программы к реальным потребностям. В результате, бюджет станет инструментом, который не просто фиксирует расходы, а активно способствует развитию ключевых направлений, повышая качество жизни граждан и укрепляя экономику страны. Основу стратегического развития на долгосрочную перспективу обеспечивает контроль выполнения, оценки достигнутых результатов.

Ключевыми составляющими авторского определения классификации расходов бюджетов бюджетной системы Российской Федерации являются следующие положения:

систематизация, поскольку классификация расходов бюджетов организует расходы по четким категориям, облегчая их анализ и планирование;

функциональные и целевые характеристики, группируя расходы в зависимости от их назначения и целевых направлений;

экономические характеристики, учитывающие экономические аспекты расходов, что помогает в оценке их влияния на развитие экономики;

управление и контроль, поскольку классификация расходов бюджетов способствует эффективному управлению бюджетными средствами и повышает уровень контроля за их расходованием.

Таким образом, эффективность использования бюджетных средств во многом зависит от классификации расходов, которая не только позволяет контролировать финансовые потоки, но и повышает эффективность бюджетных расходов. Необходимо постоянно совершенствовать систему классификации бюджетных расходов, адаптируя её к динамично меняющимся экономическим и социальным условиям, что позволяет обеспечить рациональное управление бюджетными ресурсами и достичь устойчивого развития, соответствующего современным вызовам и потребностям общества. Эффективное управление бюджетом становится основой достижения долгосрочных целей и повышения качества жизни граждан, что трансформирует роль классификации в инструмент эффективного управления расходами бюджетов.

Литература

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31 июля 1998 года № 145-ФЗ: текст с изменениями и дополнениями: [принят Государственной Думой 17.07.1998: одобрен Советом Федерации 17.07.1998] - Текст: электронный // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/ (дата обращения: 07.09.2026). - Режим доступа: свободный.
2. Государственные и муниципальные финансы: учебник / В. И. Баженова, О. А. Гришина, Е. В. Киреева [и др.]. - Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2024. -336 с. - ISBN 978-5-406-12358-4. - Текст: непосредственный.
3. Государственные и муниципальные финансы: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Государственное и муниципальное управление», «Финансы и кредит» / Г. Б. Поляк, Н. Д. Эриашвили, А. Е. Суглобов [и др.]. – Четвертое издание, переработанное и дополненное. - Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Юнити-Дана", 2016. - 392 с. - ISBN 978-5-238-02800-2. - Текст: непосредственный.
4. Государственные программы - механизм реализации национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации // Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d19/metodologicheskoe_obespechenie_razrabotki_i_realizacii_gos_programm_rf/gos_programmy_mehanizm_realizacii_nacionalnyh_celey_i_strategicheskih_zadach_razvitiya_rf/(дата обращения: 02.09.2026). - Текст: электронный.
5. Зиновьева, А. В. Расходы бюджета / А. В. Зиновьева // Символ науки: международный научный журнал. 2022. № 2-1. С. 21-26. -Ежемес. - ISSN 2410-700X. - Текст: непосредственный.
6. Колпакова, Г. М. Финансы, денежное обращение и кредит : Учебник / Г. М. Колпакова, Ю. В. Евдокимова. - 5-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. - 609 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014150-3. - DOI 10.12737/textbook_5d0b410e0a80d4.30649383. - Текст: непосредственный.
7. Манжула, Т. Ю. Расходы бюджета как инструмент социально-экономического развития / Т. Ю. Манжула // Торговля и рынок. - 2020. - № 3(55). - С. 262-273. - Каждые три мес-ца. - ISSN 2079-4762. - Текст: непосредственный.
8. Приказ Минфина России от 24.05.2022 N 82н (ред. от 10.06.2025) «О Порядке формирования и применения кодов бюджетной классификации Российской Федерации, их структуре и принципах назначения» - Текст: электронный // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_418512/6bd37a5bcfb488eb0765bd28742ee8425bebf897/#dst100398 (дата обращения: 01.09.2026). - Режим доступа: свободный.
9. Справочная информация: «Перечень государственных программ, национальных и федеральных проектов, приоритетных программ и проектов в Российской Федерации» // Консультант-плюс. [Электронный ресурс]. -URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310251/ (дата обращения: 01.09.2026). - Текст: электронный.

Classification of budgetary expenses: synthesis of functional, target, and effective characteristics

Savinova A.V.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article presents an original approach to classifying budget expenditures, which supplements the official budget classification with analytical criteria, namely, the

intended purpose (strategic and tactical goals), the mandatory nature (non-discretionary and discretionary), and the type of results achieved (direct and ultimate). This makes it possible to use the classification not only as an accounting tool but also as a basis for analyzing the alignment of expenditures with national development goals and for moving towards assessing the long-term efficiency of budget expenditures based on an analysis of their ultimate effects. The classification proposes the following criteria: functional, target-oriented, programmatic-project-based, departmental, based on budget levels, based on funding sources, mandatory, effective, economic. The aim of the scientific article is to propose a developed approach to classifying budget expenditures, which systematizes budget expenditures according to several criteria and provides a broad presentation of their essence from various perspectives of the classification.
Keywords: budget expenditures, productive expenditures, non-productive expenditures, classification of budget expenditures, budget system of the Russian Federation.

References

1. The Budget Code of the Russian Federation dated July 31, 1998, No. 145-FZ: text with amendments and additions: [adopted by the State Duma on 17.07.1998: approved by the Federation Council on 17.07.1998] — Text: electronic // ConsultantPlus: legal reference system. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/ (accessed: 07.09.2026). - Access mode: free.
2. Public and Municipal Finance: a textbook / V. I. Bazhenova, O. A. Grishina, E. V. Kireeva [et al.]. – Moscow: Limited Liability Company "Knorus Publishing House", 2024. – 336 p. – ISBN 978-5-406-12358-4. – Text: direct.
3. Public and Municipal Finance: a textbook for university students studying in the fields of "Public and Municipal Administration" and "Finance and Credit" / G. B. Polyak, N. D. Eriashvili, A. E. Suglobov [et al.]. – Fourth edition, revised and supplemented. - Moscow: Limited Liability Company "Publishing House 'Unity-Dana'", 2016. – 392 p. – ISBN 978-5-238-02800-2. – Text: direct.
4. State programs are a mechanism for implementing national goals and strategic objectives for the development of the Russian Federation // Official website of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation. [electronic resource]. - URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d19/metodologicheskoe_obespechenie_razrabotki_i_realizacii_gos_programm_rf/gos_programmy_mehanizm_realizacii_nacionalnyh_celey_i_strategicheskih_zadach_razvitiya_rf/(accessed: 02.09.2026). - Text: electronic.
5. Zinovieva, A. V. Budget Expenditures / A. V. Zinovieva // Symbol of Science: an international scientific journal. 2022. No. 2-1. Pp. 21-26. - Monthly. - ISSN 2410-700X. - Text: direct.
6. Kolpakova, G. M. Finance, Monetary Circulation and Credit: Textbook / G. M. Kolpakova, Yu. V. Evdokimova. – 5th edition, revised and supplemented. – Moscow: Limited Liability Company "Scientific and Publishing Center INFRA-M", 2019. – 609 p. – (Higher Education: Bachelor's Degree). - ISBN 978-5-16-014150-3. - DOI 10.12737/textbook_5d0b410e0a80d4.30649383. - Text: direct.
7. Manzhula, T. Yu. Budget expenditures as a tool for socio-economic development / T. Yu. Manzhula // Trade and the Market. - 2020. - No. 3(55). - Pp. 262-273. - Every three months. - ISSN 2079-4762. - Text: direct.
8. Order of the Ministry of Finance of Russia dated May 24, 2022, No. 82n (as amended on June 10, 2025) "On the Procedure for the Formation and Use of Budget Classification Codes of the Russian Federation, Their Structure and Principles of Assignment" – Text: electronic // ConsultantPlus: legal reference system. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_418512/6bd37a5bcfb488eb0765bd28742ee8425bebf897/#dst100398 (accessed: 01.09.2026). - Access mode: free.
9. Reference information: "List of state programs, national and federal projects, priority programs and projects in the Russian Federation" // Consultant Plus. [electronic resource]. -URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310251/ (accessed: 01.09.2026). - Text: electronic.

Влияние раскрытия финансовой отчетности на котировки и стоимость ценных бумаг российских компаний: теоретические основы.

Сайбатталов Тагир Айратович
аспирант, Университет «Синергия», tsaybattalov@mail.ru

Фундаментальная идея исследования заключается в том, что в условиях трансформации российской экономики и ограниченного доступа к внешним рынкам капитала раскрытие финансовой отчетности становится ключевым фактором повышения эффективности функционирования национального фондового рынка. Повышение прозрачности финансовой отчетности снижает информационную асимметрию между эмитентами и инвесторами, способствует более точному ценообразованию активов и перераспределению капитала в пользу наиболее эффективных компаний и отраслей российской экономики. Особую актуальность данная проблематика приобретает в связи с введением регуляторных послаблений, позволяющих отдельным эмитентам ограничивать объем публикуемой информации, что делает исследование механизмов взаимосвязи прозрачности отчетности и рыночной стоимости ценных бумаг особенно востребованным как в теоретическом, так и в практическом отношении. Данная проблематика остается недостаточно проработанной применительно к российскому рынку и требует отдельного эмпирического анализа. Это, в свою очередь, позволит обеспечить рост инвестиционной привлекательности российского фондового рынка, поспособствует формированию более обоснованных инвестиционных решений со стороны частных и институциональных инвесторов и регулятора, а также устойчивому развитию всей финансовой системы и национальной экономики России в целом, что определяет как теоретическую, так и практическую значимость настоящего исследования.

Ключевые слова: Финансовая отчетность, финансовая аналитика, раскрытие информации, информационная асимметрия, информационная эффективность рынка, корпоративное управление, фондовые рынки, инвестиции, ценообразование активов, капитализация компаний.

Исторически российская практика раскрытия финансовой отчетности прошла путь глубокой трансформации: от закрытых учетных систем переходного периода к полномасштабному внедрению международных стандартов финансовой отчетности (МСФО). В течение последних десятилетий стремление отечественных эмитентов к выходу на международные рынки капитала способствовало институционализации прозрачности как обязательного атрибута корпоративного управления. Финансовая отчетность превратилась из сугубо фискального документа, необходимого в первую очередь регулятору, в стратегический инструмент коммуникации с инвесторами, определяющий уровень доверия к компании и её рыночную репутацию в рамках глобального финансово-экономического пространства.

Теоретическое обоснование данной взаимосвязи опирается на фундаментальные положения экономической теории. Согласно классическим представлениям о функционировании рынков в условиях неполной информации, неравномерное распределение сведений между участниками сделки – эмитентом, обладающим полным знанием о собственном финансовом положении, и внешним инвестором, вынужденным опираться на ограниченный набор публично доступных данных, – порождает информационную асимметрию, способную существенно искажать процесс формирования цены актива. В рамках гипотезы эффективного рынка предполагается, что рыночная цена актива отражает всю доступную информацию, однако данное предположение справедливо лишь при условии достаточной полноты и своевременности раскрытия данных. Когда объем публикуемых сведений сокращается, механизм ценообразования начинает опираться не на фундаментальные показатели, а на косвенные сигналы, ожидания и рыночные слухи, что снижает информационную эффективность рынка в целом. Теория сигналов, в свою очередь, объясняет, почему добровольное расширение раскрытия информации способно служить положительным признаком качества эмитента: компании, уверенные в устойчивости своих финансовых показателей, заинтересованы в демонстрации прозрачности, тогда как ограничение раскрытия – вне зависимости от его причин – рынком чаще интерпретируется как индикатор повышенного риска. Именно эта теоретическая рамка формирует концептуальную основу настоящего исследования и объясняет, почему изменение параметров раскрытия финансовой отчетности способно оказывать столь ощутимое влияние на котировки и стоимость ценных бумаг российских эмитентов.

Отдельного внимания заслуживает и аспект ликвидности: снижение объема публично доступной информации сокращает число участников рынка, способных проводить самостоятельный анализ эмитента, что при прочих равных уменьшает глубину рынка, расширяет спред между ценой покупки и продажи и повышает транзакционные издержки для всех категорий инвесторов, включая тех, кто не испытывает непосредственного дефицита информации. Соответственно, эффекты, связанные с раскрытием отчетности, распространяются далеко за пределы узкой группы аналитиков, занимающихся фундаментальной оценкой, и затрагивают рынок в целом.

Помимо этого, снижение оборачиваемости ценных бумаг отдельных эмитентов, наблюдаемое в подобных условиях, способно затрагивать и биржевые индексы, в состав которых они включены, поскольку изменение ликвидности отдельных компонентов индекса воздействует на его общую волатильность и на издержки формирования индексных портфелей институциональными инвесторами.

Институциональное закрепление вектора на развитие информационной прозрачности было оформлено принятием Федерального закона от 27.07.2010 № 208-ФЗ «О консолидированной финансовой отчетности», который установил обязательность составления и публикации консолидированной отчетности по МСФО для публичных акционерных обществ, кредитных и страховых организаций, что окончательно закрепило международные стандарты в качестве базового языка финансовой коммуникации между крупнейшими российскими эмитентами и глобальным инвестиционным сообществом [1]. Последующее развитие нормативной базы, включая регулярное обновление требований к раскрытию информации со стороны Банка России как мегарегулятора финансового рынка, способствовало дальнейшему повышению качества и сопоставимости публикуемых данных вплоть до 2022 года.

В период, предшествовавший 2022 году, ведущие российские эмитенты добровольно расширяли объем публикуемых данных, включая нефинансовые показатели и операционную аналитику, стремясь максимально снизить неопределенность для миноритарных акционеров. Высокий уровень прозрачности выступал своеобразным драйвером роста котировок, позволяя рынку проводить качественную фундаментальную оценку активов и существенно сокращать дисконт (премию) за специфические страновые и отраслевые риски. Помимо снижения страновой и отраслевой премии за риск, добровольное расширение раскрытия информации способствовало формированию более зрелой аналитической культуры на отечественном рынке: инвестиционные банки и рейтинговые агентства получали возможность строить много-

факторные модели оценки стоимости компаний, опираясь на детализированные данные о структуре выручки, долговой нагрузке и денежных потоках, что в конечном счете расширяло круг институциональных инвесторов, готовых работать с российскими активами.

Однако современный этап развития отечественного фондового рынка характеризуется вызовом – необходимостью балансировать между требованиями к прозрачности и защитой от внешнего санкционного давления. В 2022–2023 годах введение режима регуляторных послаблений позволило ряду компаний значительно ограничить раскрытие чувствительной информации. Это привело к возникновению существенной информационной асимметрии, росту неопределенности и трансформации привычных механизмов ценообразования, где традиционные модели оценки стоимости столкнулись с дефицитом необходимых вводных данных.

Возникшая дилемма носит принципиально многоуровневый характер. С одной стороны, ограничение раскрытия чувствительных сведений – данных о контрагентах, логистических цепочках, географии продаж – рассматривается регулятором и самими эмитентами как необходимая мера защиты от вторичных санкционных ограничений, способных нанести компании больший ущерб, чем временная потеря доверия инвесторов. С другой стороны, подобная политика неизбежно перекладывает издержки адаптации на держателей ценных бумаг, которые лишаются возможности проводить полноценный фундаментальный анализ и вынуждены закладывать в стоимость капитала дополнительную премию за неопределенность. Данное противоречие между интересами национальной экономической безопасности и интересами частных и институциональных инвесторов формирует новую регуляторную реальность, в которой поиск баланса между этими двумя целями становится самостоятельной задачей экономической политики.

Нормативно-правовой фундамент этих изменений заложен в Постановлениях Правительства Российской Федерации от 04.07.2023 № 1102 [2] и от 28.09.2023 № 1587 [3], которые наделили эмитентов правом не раскрывать сведения, потенциально несущие санкционные угрозы. Данная мера, будучи вынужденным инструментом защиты бизнеса, создала принципиально новый ландшафт на отечественном фондовом рынке. Инвесторы оказались в ситуации, когда традиционный финансовый анализ становится затруднительным из-за фрагментарности публикуемых данных.

Следует подчеркнуть, что предоставленное эмитентам право ограничивать раскрытие информации носит не абсолютный, а дискреционный характер: решение о том, какие именно сведения представляют потенциальную санкционную угрозу и должны быть исключены из публикуемой отчетности, принимается самим эмитентом, что создает существенную неоднородность в практике раскрытия среди различных компаний одной отрасли. Одни эмитенты ограничиваются частичным сокрытием отдельных показателей, тогда как другие используют предоставленную возможность максимально широко, публикуя лишь минимально необходимый набор данных. Подобная неоднородность дополнительно затрудняет проведение сопоставимого межотраслевого и межкорпоративного анализа.

Ярким примером выборочного подхода к раскрытию информации является практика ПАО «Яковлев». В своих актуальных отчетах по МСФО [4] компания фактически уходит от детализации операционной деятельности, не представляя основные финансовые результаты и ограничиваясь лишь показателями прибыли до налогообложения и чистой прибыли. Ссылаясь на вышеупомянутые Постановления № 1102 и № 1587, эмитент скрывает структуру выручки и себестоимости, а также не раскрывает сведения об активах, обязательствах и движениях денежных средств.

Практические последствия подобной информационной политики для инвестиционного сообщества трудно переоценить. Отсутствие данных о структуре выручки не позволяет аналитикам разделить вклад различных сегментов бизнеса в общий финансовый результат компании, а недоступность сведений об активах и обязательствах делает невозможным расчет ключевых коэффициентов долговой нагрузки и коэффициентов ликвидности. В отсутствие данных о движении денежных средств инвесторы лишаются возможности оценить качество прибыли – то есть степень, в которой отраженная в отчетности чистая прибыль подкреплена реальным денежным потоком, а не неденежными корректировками. Всё это означает, что оценка стоимости ценных бумаг эмитента вынужденно смещается от классических моделей дисконтированных денежных потоков и сравнительного анализа мультипликаторов в сторону суждений, основанных на отраслевых аналогиях и слухах.

Еще более радикальную стратегию информационной закрытости демонстрирует ПАО «Сургутнефтегаз», чья отчетность традиционно являлась объектом пристального внимания со стороны аналитиков и рядовых инвесторов. Компания полностью прекратила публикацию отчетности по международным стандартам, а в формах по российским стандартам бухгалтерского учета (РСБУ) прибегла к цензуре, подобной предыдущему эмитенту: вместо конкретных чисел во многих ключевых строках отчета о финансовых результатах указаны символы «Х», а инвесторам доступны лишь сведения о чистой прибыли и прибыли до налогообложения [5]. В сведениях о бухгалтерском балансе эмитента также отсутствуют данные о финансовых вложениях, а отчетность о движении денежных средств вовсе не публикуется.

Особую значимость случай ПАО «Сургутнефтегаз» приобретает в связи с исторически сложившейся структурой инвестиционного интереса к данному эмитенту: значительная часть инвесторов на протяжении многих лет ориентировалась именно на объем и валютную структуру ликвидных финансовых вложений компании как на ключевой фактор оценки, во многом определявший разрыв между балансовой и рыночной стоимостью её ценных бумаг. Исчезновение данного индикатора из публичного поля лишает рынок главного ориентира, вокруг которого строилась инвестиционная история компании, и переводит оценку её стоимости в область предположений о фактическом объеме и структуре скрытых активов. Подобная неопределенность создает почву для повышенной чувствительности котировок к любым косвенным сигналам – слухам, заявлениям менеджмента, динамике сопоставимых компаний, – что противоречит самой природе фундаментального анализа как метода, требующего опоры на проверяемые количественные данные.

Подобная трансформация закономерно влечет за собой изменение структуры акционерного капитала, где институциональные инвесторы замещаются розничными игроками. Смена структуры акционерного капитала в пользу розничных инвесторов имеет широкие последствия для архитектуры рынка в целом. Институциональные инвесторы – паевые и пенсионные фонды, страховые компании и другие – как правило, руководствуются формализованными правилами, требующими проведения количественного анализа финансовой устойчивости эмитента, и при недостатке данных вынуждены снижать долю таких бумаг в портфеле либо полностью исключать их из инвестиционного покрытия. Их место занимают частные инвесторы, чьи решения в большей степени определяются эмоциональным восприятием новостного фона и краткосрочными спекулятивными мотивами, нежели долгосрочной оценкой фундаментальной стоимости. Подобный сдвиг состава участников торгов способствует росту волатильности котировок и снижает устойчивость рынка к внешним шокам, поскольку реакция розничных инвесторов, в отличие от институциональных, менее предсказуема и хуже поддается моделированию. Как следствие, это приводит к долгосрочному давлению на стоимость ценных бумаг российских эмитентов.

Помимо влияния на структуру спроса, снижение информационной прозрачности сказывается и на стоимости привлечения капитала эмитентами. В условиях, когда потенциальные покупатели облигаций или дополнительных выпусков акций не располагают полным набором данных для оценки кредитного качества компании, они закладывают в требуемую доходность повышенную премию за неопределенность, что удорожает заемное и долевое финансирование. Данный эффект особенно значим для эмитентов, планирующих новые размещения ценных бумаг на внутреннем рынке в условиях ограниченного доступа к международным рынкам капитала, поскольку именно внутренний рынок остается для них основным источником привлечения средств, а его эффективное функционирование напрямую зависит от качества информационной среды.

В совокупности описанные эффекты свидетельствуют о том, что снижение прозрачности отчетности воздействует на стоимость ценных бумаг не через единственный канал, а через комплекс взаимосвязанных механизмов, включающих изменение состава инвесторов, рост премии за риск, удорожание привлечения капитала и снижение точности рыночных ожиданий. Понимание относительного вклада каждого из этих механизмов представляет самостоятельную аналитическую задачу, решение которой способно существенно обогатить теоретические представления о процессах ценообразования в условиях ограниченной информационной среды.

Изложенное позволяет заключить, что снижение прозрачности отчетности представляет собой не изолированный регуляторный эпизод, а системный фактор, потенциально способный оказывать долгосрочное структурное влияние на функционирование российского фондового рынка в целом, что и определяет необходимость его самостоятельного и всестороннего научного изучения.

С практической точки зрения понимание данных механизмов значимо и для регулятора фондового рынка, поскольку оно позволяет оценивать не только точечные последствия отдельных регуляторных решений, но и их совокупное воздействие на глубину, ликвидность и инвестиционную привлекательность национального рынка капитала в долгосрочной перспективе.

В этой связи исследование влияния раскрытия финансовой информации на стоимость активов приобретает особую актуальность для современной финансовой науки. Понимание того, как в условиях ограниченной прозрачности формируются рыночные котировки и какие факторы становятся определяющими для стоимости привлечения капитала, требует глубокого переосмысления классических концепций.

Говоря про актуальность, необходимо упомянуть работы других авторов, посвященные смежным с темой исследования вопросам. Рассмотрим несколько научных статей за авторством российских и зарубежных исследователей. Обзор данных работ позволяет не только очертить существующее состояние научного знания по теме, но и точнее определить границы того исследовательского пробела, на восполнение которого направлено настоящее исследование.

Антюхов А. Ю. в работе «Информационная асимметрия на фондовом рынке России» рассматривает информационную асимметрию как фундаментальную характеристику функционирования современного фондового рынка, возникающую вследствие неравномерного распределения информации между эмитентами и инвесторами [6]. Автор подчеркивает, что в условиях российского рынка проблема информационной асимметрии приобретает особенно высокую значимость ввиду исторически менее развитых институтов

корпоративного управления, ограниченной прозрачности отдельных эмитентов и недостаточной зрелости механизмов рыночного контроля. В исследовании отмечается, что асимметрия информации приводит к ухудшению качества инвестиционных решений, росту неопределенности в оценке фундаментальной стоимости активов, а также к снижению общей эффективности рынка. Особое внимание также уделяется тому, что невысокая информационная прозрачность усиливает вероятность недооценки либо переоценки ценных бумаг, поскольку инвесторы вынуждены закладывать дополнительную премию за риск в стоимость капитала. Тем самым автор делает вывод о прямой зависимости между качеством раскрытия корпоративной информации и способностью рынка осуществлять эффективное ценообразование.

Брызгалова М. А. и Виншу Д. В. в статье «Факторы, влияющие на рынок ценных бумаг в России» анализируют совокупность макроэкономических и институциональных условий, определяющих динамику российского фондового рынка [7]. Авторы выделяют среди ключевых факторов уровень процентных ставок, инфляционные ожидания, технологическое развитие, геополитическую обстановку, государственное регулирование, а также степень инвестиционной привлекательности отдельных эмитентов. При этом исследователи подчеркивают значимость информационной среды и доверия инвесторов как системообразующих факторов устойчивого развития рынка капитала.

В исследовании Podedworna-Tarnowska D. «Fundamental Factors and the Level of Underpricing» изучается влияние фундаментальных характеристик компаний на уровень недооценки акций при первичном публичном размещении [8]. На основе выборки из 227 компаний, разместившихся на Варшавской фондовой бирже в 2005–2022 гг., автор анализирует, каким образом финансовые показатели эмитентов воздействуют на разрыв между ценой размещения и рыночной ценой акций после начала торгов. Результаты исследования демонстрируют, что величина разрыва статистически значимо зависит от таких фундаментальных факторов, как размер активов компании, рентабельность активов и капитала, балансовая стоимость капитала и прибыль на акцию. Автор указывает, что фундаментальная финансовая информация выступает для инвесторов важнейшим сигналом качества эмитента в условиях ограниченной информации о компании на этапе размещения. Таким образом, работа подтверждает, что полнота и качество раскрываемых финансовых показателей непосредственно влияют на рыночную оценку ценных бумаг и снижают искажения в процессе формирования цены актива.

Citra Sukmadilaga C., Santoso J. C. и Ghani E.K. в статье «Can Accounting Value Relevance and Pricing Error Influence Stock Price of High-Technology Service Enterprises?» исследуют релевантность бухгалтерской информации для рыночного ценообразования акций компаний высокотехнологичного сектора [9]. Авторы анализируют 326 высокотехнологичных сервисных компаний из США, Японии, Китая, Великобритании и Франции, оценивая влияние ключевых бухгалтерских показателей на рыночную стоимость акций. Исследование показывает, что наибольшую статистическую значимость для объяснения рыночной цены акций имеют прибыль на акцию и балансовая стоимость капитала на акцию, тогда как показатель выручки на акцию оказывается менее значимым. Авторы делают вывод о том, что даже в высокотехнологичных и нематериалоемких отраслях финансовая отчетность сохраняет существенную ценностную релевантность для инвесторов, а качество бухгалтерского раскрытия продолжает играть важную роль в формировании рыночной капитализации компаний.

Acheampong A. и Elshandidy T. в работе «Does Sustainability Disclosure Improve Analysts' Forecast Accuracy? Evidence from European Banks» расширяют традиционное понимание раскрытия информации, исследуя влияние нефинансовой отчетности на точность прогнозов финансовых аналитиков [10]. На выборке из 145 европейских банков за период 2005–2017 гг. авторы демонстрируют, что расширенное раскрытие информации в области устойчивого развития статистически значимо снижает ошибку аналитических прогнозов, тем самым повышая качество оценки будущих финансовых результатов компании рынком. Особо отмечается, что после введения обязательных требований по нефинансовому раскрытию данный эффект усилился, поскольку объем и качество раскрываемой информации заметно возросли. Авторы интерпретируют результаты как подтверждение гипотезы о том, что более высокий уровень раскрытия – даже вне рамок классической финансовой отчетности – снижает информационную асимметрию между эмитентом и внешними агентами, улучшает информационную среду на рынке капитала и способствует более точному ценообразованию активов. Данное исследование особенно важно в контексте современных тенденций расширения корпоративной отчетности за пределы исключительно финансовых показателей.

Несмотря на вклад упомянутых исследований в развитие научного понимания факторов ценообразования активов на фондовом рынке, существующая литература сохраняет ряд методологических и содержательных ограничений, формирующих исследовательский пробел в рамках заявленной сферы. Так, работы российских авторов преимущественно характеризуются более общим подходом к анализу фондового рынка, при котором информационная прозрачность и раскрытие корпоративной отчетности рассматриваются как один из множества факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность и эффективность рынка капитала в целом. В отечественной научной литературе основное внимание сосредоточено на общих вопросах информационной асимметрии, институционального развития фондового рынка, макроэкономических факторах динамики котировок и инвестиционного климата, тогда как непосредственное влияние объема, структуры и полноты раскрываемой финансовой отчетности на процесс рыночного ценообразования активов как самостоятельный объект исследования остается недостаточно проработанным. Иными словами, российская академическая школа пока не сформировала комплексный эмпирический подход к оценке того, каким образом изменения в корпоративной отчетности трансформируются в изменение рыночной стоимости активов отдельных эмитентов. Помимо этого, в отечественной литературе практически отсутствуют работы, рассматривающие раскрытие финансовой отчетности не как статичную характеристику эмитента, а как динамический параметр, изменение которого во времени – в том числе в сторону сокращения – может быть использовано в качестве самостоятельной объясняющей переменной при анализе рыночной стоимости ценных бумаг.

В свою очередь, зарубежные исследования демонстрируют существенно более детализированный и прикладной подход к анализу влияния раскрытия информации на стоимость активов. Однако данные работы, как правило, базируются на материалах развитых либо институционально более устойчивых зарубежных рынков капитала, функционирующих в условиях стабильного регулирования, высокого уровня защиты инвесторов и устоявшихся стандартов корпоративной прозрачности. Вследствие этого они не учитывают специфические особенности современного российского фондового рынка, сформировавшиеся под воздействием санкционного давления, регуляторных послаблений в части раскрытия информации и сокращения объемов публикуемой отчетности эмитентами. Более того, в существующей литературе практически отсутствуют исследования, посвященные анализу влияния вынужденного или добровольного ограничения корпоративного раскрытия на механизмы ценообразования активов в условиях частичной информационной закрытости рынка. Указанные обстоятельства подтверждают наличие научного пробела и обусловливают высокую актуальность дальнейшего исследования данной проблематики применительно к российскому фондовому рынку. Подобный пробел приобретает особую значимость в свете того, что именно российский рынок в период 2022–2023 годов стал одним из немногих масштабных примеров сознательного и системного сокращения объема раскрываемой финансовой информации значительным числом крупных публичных эмитентов, что делает его уникальным эмпирическим полем для проверки применимости и границ действия существующих теоретических моделей ценообразования активов.

Таким образом, целью исследования является количественная оценка влияния полноты и качества раскрытия финансовой отчетности на рыночную стоимость ценных бумаг российских компаний, а также обоснование механизмов повышения их капитализации в условиях структурной трансформации экономики. Реализация данной цели позволит сформировать научно обоснованное представление о том, в какой степени изменение параметров раскрытия информации влияет на восприятие эмитента рынком, стоимость привлечения капитала и инвестиционную привлекательность компании в целом.

Новизна исследования заключается прежде всего в разработке комплексной методики оценки прозрачности финансовой отчетности российских эмитентов, основанной на формировании интегрального индекса раскрытия информации, учитывающего как количественные, так и качественные параметры корпоративной отчетности. В отличие от существующих подходов, преимущественно ориентированных на формальную фиксацию факта раскрытия либо использование ограниченного набора индикаторов, предлагаемая методика позволит учитывать глубину, структурную полноту, аналитическую насыщенность и практическую ценность публикуемой эмитентами информации для инвесторов.

Дополнительный научный вклад исследования состоит в построении эконометрических моделей, позволяющих эмпирически оценить зависимость между уровнем прозрачности отчетности и ключевыми рыночными характеристиками ценных бумаг российских эмитентов, включая капитализацию, рыночные мультипликаторы, ликвидность и волатильность котировок. Полученные результаты позволят количественно определить масштаб влияния раскрытия информации на рыночное ценообразование активов с учетом специфики отечественного рынка, характеризующегося повышенной информационной асимметрией и регуляторной фрагментацией.

Практическая значимость исследования выражается в разработке алгоритма управления рыночной стоимостью компании через оптимизацию параметров раскрытия финансовой информации. Предполагается формирование прикладного инструментария, позволяющего эмитентам выстраивать политику раскрытия таким образом, чтобы максимизировать положительный эффект для капитализации, снижать премию за информационную прозрачность, повышать доверие инвесторов и улучшать условия привлечения капитала. В результате раскрытие информации будет рассматриваться не только как регуляторная обязанность, но и как стратегический инструмент эффективного управления стоимостью бизнеса.

Таким образом, предлагаемое исследование направлено на устранение выявленного научного пробела в области анализа влияния корпоративной прозрачности на стоимость активов в условиях современной российской экономики. Его результаты позволят расширить теоретические представления о механизмах ценообразования на отечественном фондовом рынке, а также

сформировать практические рекомендации для эмитентов, инвесторов и регулятора по повышению эффективности функционирования рынка капитала в условиях ограниченной информационной среды, что окажет положительное влияние на развитие всей национальной экономики страны.

Итоговая ценность работы заключается в том, что она объединяет теоретическое осмысление проблемы информационной асимметрии с прикладным анализом конкретных практик раскрытия информации российскими эмитентами, формируя целостное представление о механизмах взаимодействия между прозрачностью корпоративной отчетности и рыночной стоимостью ценных бумаг в условиях структурной трансформации отечественной экономики. Дальнейшая разработка темы в рамках исследования предполагает последовательное движение от теоретического анализа обозначенных механизмов к их эмпирической проверке на данных российского фондового рынка, что позволит получить научно обоснованные и практически применимые результаты.

Литература

1. Федеральный закон от 27.07.2010 N 208-ФЗ (ред. от 07.04.2020) «О консолидированной финансовой отчетности» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103021/.
2. Постановление Правительства РФ от 04.07.2023 N 1102 «Об особенностях раскрытия и (или) предоставления информации, подлежащей раскрытию и (или) предоставлению в соответствии с требованиями Федерального закона »Об акционерных обществах« и Федерального закона »О рынке ценных бумаг« [Электронный ресурс]. // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_451396/. (Дата обращения: 23.08.2026).
3. Постановление Правительства РФ от 28.09.2023 N 1587 «Об особенностях раскрытия инсайдерской информации, подлежащей раскрытию в соответствии с требованиями Федерального закона »О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации« [Электронный ресурс]. // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_458453/. (Дата обращения: 23.08.2026).
4. Консолидированная отчетность ПАО «Яковлев» [Электронный ресурс]. // Центр раскрытия корпоративной информации. – URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=76&type=4. (Дата обращения: 23.08.2026).
5. Бухгалтерская (финансовая) отчетность [Электронный ресурс]. // Центр раскрытия корпоративной информации. – URL: https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=312&type=3. (Дата обращения: 23.08.2026).
6. Антюхов А. Ю. Информационная асимметрия на фондовом рынке России // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 2. – С. 699–701. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-asimmetriya-na-fondovom-rynke-rossii.
7. Брызгалова М. А., Виншу Д. В. Факторы, влияющие на рынок ценных бумаг в России // Финансовые рынки и банки. – 2024. – № 2. – С. 77–79. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/faktory-vliyayuschie-na-rynok-tsennyh-bumag-v-rossii.
8. Podedworna-Tarnowska D. Fundamental factors and the level of underpricing // Journal of Management and Financial Sciences. – 2024. – Т. 16. – № 50. – С. 239–256 – URL: https://econjournals.sgh.waw.pl/JMFS/article/view/4522.
9. Citra Sukmadilaga C., Santoso J. C., Ghani E.K. Can Accounting Value Relevance and Pricing Error Influence Stock Price of High-Technology Service Enterprises? // Economies. – 2023. – № 11. – С. 1–14. – URL: https://www.mdpi.com/2227-7099/11/2/48.
10. Acheampong A., Elshandidy T. Does sustainability disclosure improve analysts' forecast accuracy? Evidence from European banks // Financial Innovation. – 2025. – Т. 11. – № 25. – С. 1–32 – URL: https://link.springer.com/article/10.1186/s40854-024-00693-5.

The impact of financial reporting disclosure on quotations and securities valuation of russian companies: theoretical foundations

Saybattalov T.A.
University: Synergy University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The fundamental idea of this study is that, amid the transformation of the Russian economy and limited access to external capital markets, financial statement disclosure has become a key factor in the efficiency of the national stock market. Increased transparency of financial reporting reduces information asymmetry between issuers and investors, contributes to more accurate asset pricing, and facilitates capital reallocation toward the most efficient companies and sectors of the Russian economy. This issue has gained relevance with the introduction of regulatory relaxations allowing issuers to limit disclosed information, making the link between disclosure transparency and securities market value especially relevant, both theoretically and practically. This problem remains insufficiently studied for the Russian market and requires separate empirical analysis. This, in turn, will increase the investment attractiveness of the Russian stock market, contribute to more informed decisions by private and institutional investors and the regulator, and support the sustainable development of the financial system and the national economy as a whole, which determines the theoretical and practical significance of this study.

Keywords: Financial reporting, financial analytics, information disclosure, information asymmetry, market informational efficiency, corporate governance, stock markets, investments, asset pricing, market capitalization.

References

1. [Federal Law of July 27, 2010 No. 208-FZ (as amended on April 7, 2020) «On Consolidated Financial Reporting»] // Spravochno-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus» [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103021/ (In Russian).
2. [Resolution of the Government of the Russian Federation of July 4, 2023 No. 1102 «On Features of Disclosure and (or) Provision of Information Subject to Disclosure and (or) Provision in Accordance with the Requirements of the Federal Law 'On Joint-Stock Companies' and the Federal Law 'On the Securities Market'»] [Elektronnyj resurs]. // Spravochno-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_451396/ (accessed: 23.08.2026) (In Russian).
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28.09.2023 N 1587 «Ob osobennostyakh raskrytiya insajderskoj informatsii, podlezhashchej raskrytiyu v sootvetstvii s trebovaniyami Federal'nogo zakona »O protivodejstvii nepravomernomu ispol'zovaniyu insajderskoj informatsii i manipulirovaniyu rynkom i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii« [Elektronnyj resurs]. // Spravochno-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_458453/ (accessed: 23.08.2026) (In Russian).
4. [Consolidated Financial Statements of PAO Yakovlev] [Elektronnyj resurs]. // Tsentr raskrytiya korporativnoj informatsii. – URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=76&type=4 (accessed: 23.08.2026) (In Russian).
5. [Accounting (Financial) Statements] [Elektronnyj resurs]. // Tsentr raskrytiya korporativnoj informatsii. – URL: https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=312&type=3 (accessed: 23.08.2026) (In Russian).
6. Antyukhov A. Yu. [Information Asymmetry in the Russian Securities Market] // Vestnik Akademii znanij. – 2025. – No. 2. – S. 699–701. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-asimmetriya-na-fondovom-rynke-rossii (In Russian).
7. Bryzgalova M. A., Vinshu D. V. [Factors Affecting the Securities Market in Russia] // Finansovye rynki i banki. – 2024. – No. 2. – S. 77–79. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/faktory-vliyayuschie-na-rynok-tsennyh-bumag-v-rossii (In Russian).
8. Podedworna-Tarnowska D. Fundamental factors and the level of underpricing // Journal of Management and Financial Sciences. – 2024. – Vol. 16. – No. 50. – S. 239–256. – URL: https://econjournals.sgh.waw.pl/JMFS/article/view/4522.
9. Citra Sukmadilaga C., Santoso J. C., Ghani E.K. Can Accounting Value Relevance and Pricing Error Influence Stock Price of High-Technology Service Enterprises? // Economies. – 2023. – No. 11. – S. 1–14. – URL: https://www.mdpi.com/2227-7099/11/2/48.
10. Acheampong A., Elshandidy T. Does sustainability disclosure improve analysts' forecast accuracy? Evidence from European banks // Financial Innovation. – 2025. – Vol. 11. – No. 25. – S. 1–32. – URL: https://link.springer.com/article/10.1186/s40854-024-00693-5.

Российский рынок «зелёных» цифровых финансовых активов: основы, структура и перспективы

Санченко Екатерина Михайловна
преподаватель, кафедра испанского языка, Московский государственный институт международных отношений Министерства иностранных дел Российской Федерации, levikina_e_m@my.mgimo.ru

Рынок цифровых финансовых активов (ЦФА) в России демонстрирует устойчивый рост, а параллельное развитие ESG-финансирования формирует новый сегмент — «зелёные» ЦФА. В статье проводится систематический анализ российского рынка «зелёных» ЦФА, включая его правовые основы, институциональную инфраструктуру и существующие выпуски. На основе эмпирических данных о восьми выпусках, осуществлённых по состоянию на август 2026 года, выявлены ключевые характеристики инструмента. Проведён сравнительный анализ «зелёных» ЦФА и традиционных «зелёных» облигаций по таким параметрам, как стоимость привлечения капитала, скорость размещения, доступность для инвесторов и прозрачность. Установлено, что лишь один из восьми выпусков прошёл независимую ESG-верификацию, что указывает на низкий уровень институциональной зрелости сегмента. Определены ключевые направления развития: совершенствование нормативно-правового регулирования, стандартизация требований к верификации и развитие инфраструктуры вторичного рынка. Результаты исследования могут быть использованы регуляторами и участниками рынка для формирования стимулирующей политики в сфере «зелёных» ЦФА.
Ключевые слова: цифровые финансовые активы, зелёные ЦФА, устойчивое развитие, ESG-финансирование, зелёные облигации, токенизация, блокчейн, российский финансовый рынок, инвестиции.

Введение

Ввиду нависших над мировой экономикой экологических проблем «зеленая» повестка повсеместно интегрируется во все сферы жизни как в развитых странах, так и по мере возможности в развивающихся странах. Российская Федерация, также как и Европейский Союз, Китай и прочие страны, находится в авангарде «озеленения» экономики. В частности, на данный момент в России происходит активное развитие рынка устойчивого финансирования как одного из элементов «зеленой» экономики: с 2018 по 2025 гг. в РФ были выпущены ESG-облигации совокупным объёмом 878,08 млрд руб. [1]. В научной литературе приводится несколько определения термина «зеленое финансирование», однако все они сходятся на том, что оно представляет собой совокупность форм и инструментов финансирования, используемых для развития «зелёной» экономики». Подобные трактования, несомненно, верны, однако они не учитывают современные реалии, где выделяются две формы «зеленого» финансирования: традиционное, с использованием «зеленых» облигаций и кредитов, и альтернативное, где в инструментарий также включается «зеленые» криптоинструменты, «зеленый» краудфандинг и т.д. Одним из таких «зеленых» криптоинструментов, находящимся на этапе развития в России, являются цифровые финансовые активы (ЦФА), которые представляют цифровые аналоги традиционных ценных бумаг (акций, облигаций и т.д.), закрепленные за владельцем посредством блокчейн-записи в информационной системе. По данным на 2026 г. кумулятивный объем рынка ЦФА в РФ составляет 1 375 млрд. руб. [2]. На пересечении этих двух трендов возникает новый «зеленый» финансовый инструмент – «зеленые» ЦФА.

На данный момент научная литература на тему «зеленых» ЦФА находится на этапе становления ввиду недавнего появления такого финансового инструмента и представлена в довольно ограниченном количестве. Жданова О.А., Лопатина П.А. и Корниенко Р.В. в своей статье обосновали возможность выпуска «зелёных» облигаций в форме ЦФА, доказав, что такой инструмент снижает пороги входа на рынок и упрощает процедуры эмиссии. При этом авторы отметили, что имеются проблемы в виде неразвитости законодательства по данному вопросу и недостаток финансовых ресурсов для «зелёных» проектов [3]. Жданова О.А. предложила классифицировать «зеленые» ЦФА на два вида: непосредственно «зелёный» цифровой финансовый актив, соответствующий критериям Национальной таксономии, и «цифровой финансовый актив экологического благополучия», привязанный к национальной цели, установленной Указом Президента № 309, но не прошедший верификацию на соответствие таксономии «зеленых» проектов [4]. Пашковская И.В., Рубцов Б.Б., Амосова Н.А. и Рудакова О.С. обосновали необходимость токенизации облигаций устойчивого развития, аргументируя это снижением числа посредников и повышением прозрачности использования средств через блокчейн и смарт-контракт [5]. Технологические аспекты применения блокчейна в управлении «зелёными» облигациями исследуются в работе Ореховой С.М. и Парфеновой М.Д.: авторы фокусируются на использовании смарт-контрактов для сокращения временных и операционных издержек на всех этапах жизненного цикла инструмента, а также анализируют возможности применения технологии распределённого реестра для автоматизации процессов выпуска, обслуживания и мониторинга [6]. Рубцова Л. Н. и Золотарев М. О. разработали модель функционирования «зеленых» ЦФА посредством дробления облигаций на токены номиналом 50–100 рублей, распространения через банковские приложения и создание системы цифрового мониторинга. Согласно их исследованию, токенизация сокращает транзакционные издержки на 60–70% по сравнению с традиционными облигациями [7]. Решетников Д.А. рассматривает перспективы развития рынка «зелёных» облигаций в форме ЦФА, акцентируя внимание на регуляторных и инфраструктурных барьерах, а также на потенциале цифровых технологий для повышения доступности и ликвидности инструментов устойчивого финансирования [8]. Воронкова Е.К. отмечает, что в России пока не хватает ESG-решений с использованием цифровых технологий, что обусловлено недостаточным спросом, но отмечает потенциал развития рынка токенизированных «зеленых» финансовых инструментов [9].

Таким образом, тематика «зелёных» ЦФА находится на ранней стадии осмысления. Остаются значительные пробелы в научной литературе: отсутствует систематический анализ всех выпусков «зеленых» ЦФА в России, не проведено сравнительного анализа эффективности ЦФА и традиционных «зелёных» облигаций. Поэтому, целью работы является формирование комплексной научно обоснованной картины российского рынка «зелёных» ЦФА на основе систематизации эмпирических данных о существующих выпусках и количественной оценки факторов, определяющих их инвестиционную привлекательность.

Правовые и институциональные основы «зеленых» ЦФА в России

Правовое регулирование цифровых финансовых активов в России было заложено Федеральным законом от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные

законодательные акты Российской Федерации», который вступил в силу с 1 января 2021 г. [10]. Согласно данному закону ЦФА – это «цифровые права, включающие денежные требования, возможность осуществления прав по эмиссионным ценным бумагам, права участия в капитале непубличного акционерного общества, право требовать передачи эмиссионных ценных бумаг». Главной отличительной чертой данного инструмента является то, что выпуск, учёт и обращение ЦФА возможны только путём внесения записей в информационную систему на основе распределённого реестра.

Согласно данному ФЗ, существует четыре вида ЦФА:

цифровые права, включающие денежные требования;

цифровые права, включающие возможность осуществления прав по эмиссионным ценным бумагам;

цифровые права, включающие права участия в капитале непубличного акционерного общества;

цифровые права, включающие право требовать передачи эмиссионных ценных бумаг, которые предусмотрены решением о выпуске цифровых финансовых активов.

Выпуск ЦФА осуществляется операторами информационных систем (ОИС). Они подлежат включению в реестр Банка России, и по данным на 2026 г. зарегистрировано 25 организаций, при этом многие ОИС созданы на платформе наиболее крупных банков, таких как Альфа-банк, Сбербанк, Т-Банк, ВТБ, ПСБ и т.д.

Особый интерес для ESG-сегмента представляет деятельность Банка ДОМ.РФ. В декабре 2024 г. банк разработал Концепцию инструментов финансирования устойчивого развития, которая впервые позволила привлекать средства на проекты устойчивого развития через ЦФА наряду с традиционными ценными бумагами [11].

Ключевым элементом институциональной инфраструктуры «зелёных» ЦФА является система независимой верификации их соответствия принципам устойчивого развития. Пионером в этой области стало рейтинговое агентство «Эксперт РА», которое выработало методологию верификации ЦФА на соответствие принципам устойчивого развития Международной ассоциации рынков капитала (ICMA). Первым выпуском ЦФА, получившим независимую верификацию на соответствие «зеленым» выпускам, стали выпущенные в июле 2024 г. цифровые финансовые активы ООО «Легенда». Агентство «Эксперт РА» подтвердило, что выпуск соответствует базовым критериям Принципов устойчивого развития [12]. В январе 2026 г. данный выпуск ЦФА был полностью погашен, а созданный прецедент заложил основу для дальнейшего развития практики верификации «зелёных» ЦФА в России.

Анализ существующих выпусков «зеленых» ЦФА

Так, по состоянию на август 2026 г. было осуществлено 8 выпусков «зеленых» ЦФА, при этом, как указывалось ранее, лишь один получил официальное подтверждение соответствия принципам устойчивого развития. Основные характеристики данных выпусков представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Характеристика «зеленых» ЦФА на российском рынке по состоянию на август 2026 г.

Эмитент, дата выпуска	Площадка выпуска ЦФА	Вид ЦФА, сумма выпуска, млн руб.	Доходность	Срок погашения	Назначение	Верификация ЦФА в ESG-сегменте
ООО «Карбон Зиро», 29.01.2024, пробный выпуск	СПБ Биржа	Гибридные ЦФА (денежные требования 16 200 руб. + утилитарные цифровые права на 50 тыс. кВт·ч зелёной энергии)	Доход не предусмотрен. Инвестор получает доступ к зелёной энергии.	Дата предоставления Свидетельства о погашении сертификатов	«Зеленая» энергетика	Данных о верификации нет.
ООО «Легенда», 16.07.2024	А-Токен (Альфа-Банк)	Долговые «зеленые» ЦФА на денежное требование, до 1 000 млн руб.	Ключевая ставка + 4% годовых, расчёт дохода ежемесячно.	19.01.2026	Энергосбережение	Независимое заключение «Эксперт РА» (верифицировано)
ООО «Сибстекло», 19.03.2024	Атомайз	Долговые ЦФА на денежные требования, до 200 млн руб.	18% годовых, расчёт ежемесячно.	27.12.2024	Утилизация стекла (ресурсосбережение)	Данных о верификации нет.
ООО «Сибстекло», 21.03.2024	А-Токен (Альфа-Банк)	Долговые ЦФА на денежные требования, до 100 млн руб.	19,5% годовых, расчёт ежемесячно.	27.09.2024	Утилизация стекла (ресурсосбережение)	Данных о верификации нет
ООО «Сибстекло», 02.04.2024	Атомайз	Долговые ЦФА на денежные требования, до 150 млн руб.	18% годовых, расчёт ежемесячно.	27.12.2024	Утилизация стекла (ресурсосбережение)	Данных о верификации нет
ООО «Сибстекло», 10.07.2024	Сбербанк (платформа ЦФА)	Долговые ЦФА на денежные требования, до 50 млн руб.	19,5% годовых, расчёт ежемесячного купонного дохода.	18.07.2025	Утилизация стекла (ресурсосбережение)	Данных о верификации нет
ООО «Сибстекло», 21.03.2025	А-Токен (Альфа-Банк)	Долговые ЦФА на денежные требования, до 150 млн руб.	29% годовых, расчёт ежемесячно.	26.12.2025	Утилизация стекла (ресурсосбережение)	Данных о верификации нет
ООО «Сохрани Лес», 01.07.2026	А-Токен (Альфа-Банк)	Гибридные ЦФА (денежное требование + утилитарное цифровое право на высадку деревьев), до 50 млн руб.	Доход не предусмотрен. При досрочном погашении инвестор получает услугу по посадке деревьев. При погашении в срок возвращается номинальная стоимость.	20.11.2026	Лесовосстановление	Данных о верификации нет

Источник: составлено автором на основе данных ОИС.

Сравнительный анализ «зеленых» ЦФА и «зеленых» облигаций

«Зеленые» ЦФА зачастую представляются как более технологичная и простая альтернатива «зеленым» облигациям, однако оба указанных финансовых инструмента имеют свои характеристики и особенности (Таблица 2).

Таблица 2

Сравнение «зеленых» облигаций и «зеленых» ЦФА по ключевым параметрам

Параметр	Традиционные «зелёные» облигации	«Зелёные» ЦФА
Средняя доходность для инвестора, % годовых	17,6% (август 2025 г. – август 2026 г.) [14]	20,8% (на основе Таблицы 1)
Стоимость подготовки выпуска (включая верификацию, юридическое сопровождение, организацию размещения)	1-3% от объема эмиссии [15]	0,5-1% от объема эмиссии [3]
Минимальный номинал	1000-10000 рублей	50-100 рублей
Скорость размещения	Несколько месяцев	Несколько недель
Частота раскрытия информации о целевом использовании средств	Ежегодно (в рамках нефинансовой отчётности)	Потенциально в реальном времени (через блокчейн)
Наличие независимой верификации ESG-статуса	Обязательна для получения статуса «зеленой»	Только 1 из 8 выпусков имеет верификацию от «Эксперт РА»
Институциональная зрелость	Высокая (есть таксономия, стандарты, реестры)	Низкая (специальный правовой режим отсутствует)

Источник: составлено автором.

Процесс эмиссии «зелёных» облигаций сопряжён с длительной подготовкой, поскольку необходимо, чтобы «зеленый» проект соответствовал Национальной таксономии (Постановление Правительства № 1587 [13]), необходимо получить независимую верификацию соответствия принципам устойчивого развития, а также произвести регистрацию проспекта эмиссии и размещение через биржевые механизмы. Данный процесс обычно довольно длительный и может занимать от нескольких месяцев до полугода. Минимальный номинал облигаций на Московской бирже составляет, как правило, 1 000–10 000 рублей, что ограничивает круг инвесторов. «Зеленые» ЦФА отличаются высокой скоростью размещения, что обусловлено отсутствием необходимости в сложной биржевой процедуре и возможностью прямой коммуникации с инвесторами через цифровые платформы. Что касается доступ-

ности, ЦФА могут дробиться на токены номиналом 50–100 рублей, что делает инструмент доступным для широкого круга розничных инвесторов. По параметрам стоимости подготовки выпуска, скорости и доступности «зелёные» ЦФА демонстрируют очевидное преимущество, что может способствовать демократизации рынка устойчивого финансирования. Согласно статистическим данным, средняя ставка по «зеленым» облигациям в секторе устойчивого развития на Мосбирже за период с августа 2025 г. по август 2026 г. составила 17,6%. В то же самое время, процентный доход по выпущенным «зеленым» ЦФА находится в пределах 18-29%, что значительно превышает доходность по «зеленым» облигациям. Следовательно, по параметру стоимости привлечения капитала для эмитента ситуация неоднозначна: высокие купонные ставки по ЦФА могут нивелировать экономию на транзакционных издержках.

Говоря о прозрачности, стоит отметить, что эмитент «зеленых» облигаций обязан раскрывать информацию о целевом использовании средств, регулярно отчитываться об экологических результатах, а также проходить независимую верификацию. «Зеленые» ЦФА теоретически являются еще более прозрачным финансовым инструментом благодаря технологии блокчейн, которая позволяет обеспечить мониторинг в реальном времени за целевым использованием средств через смарт-контракты и публичный реестр транзакций. Однако на практике российский сегмент «зеленых» ЦФА пока не демонстрирует высокого уровня прозрачности, так как из восьми выпусков, осуществлённых по состоянию на 2026 год, только один (ООО «Легенда») прошёл независимую ESG-верификацию и получил заключение о соответствии принципам устойчивого развития. Таким образом, несмотря на технологический потенциал, текущее состояние российского рынка «зелёных» ЦФА характеризуется более низким уровнем институциональной прозрачности по сравнению с традиционными «зелёными» облигациями.

Заключение

На основе анализа существующих выпусков «зеленых» ЦФА, выявленных регуляторных барьеров и технологического потенциала данного инструмента можно выделить следующие направления для развития сегмента «зелёных» ЦФА в России.

Во-первых, представляется необходимым совершенствовать нормативно-правовое регулирование сферы «зеленых» ЦФА ввиду того, что на данный момент отсутствуют специальные нормативные акты, регулирующие именно «зелёные» ЦФА, что создаёт правовую неопределённость для эмитентов и инвесторов. Следует разработать критерии классификации ЦФА на «зеленые», «переходные» и «социальные» по аналогии с облигациями на основе действующей Национальной таксономии (Постановление Правительства № 1587 от 2021 г.); принять четкие нормативные акты, касающиеся необходимости проводить независимую верификацию ESG-статуса ЦФА; определить порядок налогообложения операций с «зелеными» ЦФА, а также ввести налоговые льготы для эмитентов и инвесторов с целью повышения инвестиционной привлекательности данных финансовых инструментов.

Во-вторых, необходимо развивать и совершенствовать инфраструктуру «зеленых» ЦФА, а именно: следует создать цифровую систему мониторинга экологических результатов на основе смарт-контрактов, что обеспечит автоматизацию выплат и верификацию целевого использования средств в режиме реального времени; интегрировать платформы для выпуска ЦФА в существующую финансовую инфраструктуру, такую как банковские приложения и биржевые системы; развивать вторичный рынок ЦФА, в частности, «зеленый» сегмент, для обеспечения ликвидности, поскольку на данный момент вторичный рынок находится на ранних этапах развития и не обладает достаточной ликвидностью.

Создание нормативно-правового регулирования рынка «зеленых» ЦФА в РФ может стать одним из шагов на пути совершенствования национальной системы «зеленого» финансирования. Для создания благоприятной среды для внедрения таких нововведений кажется целесообразным также осуществить модификации в институционально-правовом элементе системы «зеленого» финансирования: гармонизировать таксономию РФ с таксономией ЕС, которая является наиболее развитой на текущий момент, а также усовершенствовать систему раскрытия экологической информации и верификации.

Таким образом, на данный момент рынок «зеленых» ЦФА в России находится на раннем этапе развития, так как представлен только восьмью выпусками, один из которых прошел независимую верификацию на соответствие принципам устойчивого развития. При этом существующие выпуски демонстрируют разнообразие инструментария: от классических долговых ЦФА для финансирования энергоэффективных проектов (ООО«Легенда») и переработки отходов (ООО «Сибстекло») до инновационных гибридных ЦФА с погашением посредством посадки деревьев (ООО «Сохрани Лес») . Проведенный сравнительный анализ «зеленых» ЦФА и «зеленых» облигаций показывает, что ключевыми преимуществами ЦФА является снижение транзакционных издержек, высокая скорость размещения, доступность для широкого круга инвесторов и прозрачность использования средств, а основными недостатками – неопределённость правового регулирования и ограниченная практика верификации. Таким образом, дальнейшее развитие сегмента «зеленых» ЦФА требует, прежде всего, совершенствования регулирования, стандартизации требований к верификации и развитие инфраструктуры «зеленых» ЦФА.

Литература

1. Устойчивое развитие, циркулярность и зелёные финансы России 2025/2026 : доклад / ИНФРАГРИН. – Москва : ИНФРАГРИН, 2026. – URL: https://infragreen.ru/ (дата обращения: 21.08.2026). – Текст : электронный.
2. Итоги рынка цифровых финансовых активов за I квартал 2026: аналитический доклад / ЦФА.РФ. – Москва, 2026. – URL: https://xn--80a3bf.xn--p1ai/cfa_q1_2026.html (дата обращения: 20.08.2026). – Текст : электронный.
3. Жданова О. А., Лопатина П. А., Корниенко Р. В. ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЗЕЛЕНЫХ ОБЛИГАЦИЙ В ФОРМЕ ЦИФРОВЫХ ФИНАНСОВЫХ АКТИВОВ // Инновации и инвестиции. 2022. №11.
4. Жданова, О. А. Зеленые цифровые финансовые активы и цифровые финансовые активы экологического благополучия как инструменты достижения национальной цели развития / О. А. Жданова // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 6. – С. 3791-3808. – DOI 10.18334/epp.16.6.125100.
5. Пашковская И. В., Рубцов Б. Б., Амосова Н. А., Рудакова О. С. ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ // Вестник ГУУ. 2023. №4.
6. Орехова С. М. Технологии блокчейн в управлении жизненным циклом зеленых облигаций: перспективы внедрения и системный анализ эффективности / С. М. Орехова, М. Д. Парфенова // Финансовая безопасность - новые горизонты : Материалы XI Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ, Москва, 19–21 ноября 2025 года. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2025. – С. 758-765. – EDN EOBCLZ.
7. Рубцова Л. Н., Золотарев М. О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОКЕНИЗИРОВАННЫХ ЗЕЛЕНЫХ ОБЛИГАЦИЙ ДЛЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ // ЭФО. 2025. №2 (14).
8. Решетников Д.А. Перспективы развития рынка зеленых облигаций в форме цифровых финансовых активов // Экономический вестник. - 2025. - Т. 4. - №2. - С. 59-65.
9. Воронкова Е. А. Цифровые финансовые технологии как фактор устойчивого развития // Аудиторские ведомости. 2024. №2.
10. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» : [принят Гос. Думой 22 июля 2020 г. : одобрен Советом Федерации 24 июля 2020 г.]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант». – URL: https://base.garant.ru/74451466/ (дата обращения: 21.08.2026).
11. Банк ДОМ.РФ расширил возможности по привлечению инвестиций на ESG-проекты: [пресс-релиз]. – URL: https://domrfbank.ru/press/newcommon/bank-dom-rf-rasshiril-vozmozhnosti-po-privlecheniyu-investitsiy-na-esg-proekty/ (дата обращения: 21.08.2026).
12. «Эксперт РА» выразил независимое мнение о соответствии цифровых финансовых активов ООО «ЛЕГЕНДА» принципам устойчивого развития: [заключение от 16 июля 2024 г.]. – URL: https://raexpert.ru/releases/2024/jul16b (дата обращения: 21.08.2026).
13. Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации». – URL: http://government.ru/docs/all/136742/ (дата обращения: 21.08.2026).
14. Индекс МосБиржи – ESG (RUESGTR) : статистика торгов / Московская биржа. – URL: https://www.moex.com/ru/index/RUESGTR (дата обращения: 24.08.2026). – Текст : электронный.
15. Дорофеев М.Л. Анализ лучших мировых практик развития рынка зеленых облигаций и оценка возможностей их применения в современной России. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2023;13(1):46-58. https://doi.org/10.21869/2223-1552-2023-13-1-46-58

Russian Green Digital Financial Assets Market: Foundations, Structure, and Prospects

Sanchenko E.M.
Moscow State Institute of International Relations (MGIMO University)

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The Russian market for digital financial assets (DFAs) is experiencing steady growth, while the parallel development of ESG finance is giving rise to a new segment: green DFAs. This article provides a systematic analysis of the Russian green DFA market, covering its legal foundations, institutional infrastructure, and existing issuances. Based on empirical data from eight issues conducted as of August 2026, the key characteristics of the instrument are identified. A comparative analysis of green DFAs and traditional green bonds is carried out across parameters such as the cost of capital, placement speed, investor accessibility, and transparency. It is found that only one of the eight issuances has undergone independent ESG verification, indicating a low level of institutional maturity in the segment. Key development areas are identified: improving the regulatory framework, standardizing verification requirements, and developing the secondary market infrastructure. The findings can be used

by regulators and market participants to formulate policies that stimulate the growth of the green DFA sector.

Keywords: digital financial assets, green DFAs, sustainable development, ESG finance, green bonds, tokenization, blockchain, Russian financial market, investments.

References

1. Sustainable Development, Circularity and Green Finance in Russia 2025/2026 : report / INFRAGREEN. – Moscow : INFRAGREEN, 2026. – URL: https://infragreen.ru/ (accessed: 21.08.2026). – Text : electronic.
2. Results of the Digital Financial Assets Market for Q1 2026 : analytical report / CFA.RF. – Moscow, 2026. – URL: https://xn--80a3bf.xn--p1ai/cfa_q1_2026.html (accessed: 20.08.2026). – Text : electronic.
3. Zhdanova O. A., Lopatina P. A., Kornienko R. V. THE POTENTIAL FOR DEVELOPING THE GREEN BOND MARKET IN THE FORM OF DIGITAL FINANCIAL ASSETS // Innovation and Investment. 2022. No. 11.
4. Zhdanova, O. A. Green Digital Financial Assets and Digital Financial Assets of Environmental Well-Being as Tools for Achieving the National Development Goal / O. A. Zhdanova // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2026. – Vol. 16, No. 6. – P. 3791–3808. – DOI 10.18334/epp.16.6.125100.
5. Pashkovskaya I. V., Rubtsov B. B., Amosova N. A., Rudakova O. S. PROSPECTS FOR DIGITALISATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROJECTS IN THE RUSSIAN FEDERATION // Vestnik GUU. 2023. No. 4.
6. Orekhova S. M. Blockchain Technologies in Managing the Life Cycle of Green Bonds: Prospects for Implementation and System Analysis of Efficiency / S. M. Orekhova, M. D. Parfenova // Financial Security – New Horizons : Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference of the International Network Institute in the Field of AML/CFT, Moscow, 19–21 November 2025. – Moscow : National Research Nuclear University MEPhI, 2025. – P. 758–765. – EDN EOBCLZ.
7. Rubtsova L. N., Zolotarev M. O. USE OF TOKENISED GREEN BONDS FOR FINANCING INFRASTRUCTURE PROJECTS // EFO. 2025. No. 2 (14).
8. Reshetnikov D. A. Prospects for the Development of the Green Bond Market in the Form of Digital Financial Assets // Economic Bulletin. – 2025. – Vol. 4. – No. 2. – P. 59–65.
9. Voronkova E. A. Digital Financial Technologies as a Factor of Sustainable Development // Auditorskie Vedomosti. 2024. No. 2.
10. Federal Law No. 259-FZ of 31 July 2020 "On Digital Financial Assets, Digital Currency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" : [adopted by the State Duma on 22 July 2020 : approved by the Federation Council on 24 July 2020]. – Access from the reference legal system "Garant". – URL: https://base.garant.ru/74451466/ (accessed: 21.08.2026).
11. Bank DOM.RF Expanded Opportunities for Attracting Investments in ESG Projects : [press release]. – URL: https://domrfbank.ru/press/newcommon/bank-dom-rf-rasshiril-vozmozhnosti-po-privlecheniyu-investitsiy-na-esg-proekty/ (accessed: 21.08.2026).
12. "Expert RA" Expressed an Independent Opinion on the Compliance of Digital Financial Assets of LEGENDA LLC with the Principles of Sustainable Development : [opinion dated 16 July 2024]. – URL: https://raexpert.ru/releases/2024/jul16b (accessed: 21.08.2026).
13. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1587 of 21 September 2021 "On Approval of the Criteria for Sustainable (Including Green) Development Projects in the Russian Federation and Requirements for the Verification System of Sustainable Development Financing Instruments in the Russian Federation". – URL: http://government.ru/docs/all/136742/ (accessed: 21.08.2026).
14. Moscow Exchange ESG Index (RUESGTR) : trading statistics / Moscow Exchange. – URL: https://www.moex.com/ru/index/RUESGTR (accessed: 24.08.2026). – Text : electronic.
15. Dorofeev M. L. Analysis of the Best Global Practices for the Development of the Green Bond Market and Assessment of the Possibilities of Their Application in Modern Russia. Proceedings of the South-West State University. Series: Economics. Sociology. Management. 2023;13(1):46–58. https://doi.org/10.21869/2223-1552-2023-13-1-46-58

Стейкхолдерские дисбалансы сотрудников и акционеров как фактор финансовой эффективности российских компаний

Корольков Никита Сергеевич
аспирант, Московский университет «Синергия», nikitakorolkov2001@mail.ru

Ограничение показателя стейкхолдерской стоимости заключается в том, что агрегированный показатель не позволяет увидеть различия между группами заинтересованных сторон и выявить особенности распределения создаваемой стоимости между стейкхолдерами. В компаниях возможен дисбаланс между вкладами и выгодами сотрудников и акционеров, который может быть связан с финансовыми показателями компаний. В статье предложен подход к декомпозиции стейкхолдерских дисбалансов сотрудников и акционеров и проверена их связь с показателями эффективности российских компаний. Эмпирическую базу составили данные 19 российских компаний за 2017-2024 гг., что составило 152 наблюдения. В анализе использованы методы описательной статистики, парных сравнений, корреляционного анализа и панельные регрессионные модели. Выявлено, что сотрудники в среднем получают большую долю текущей создаваемой стоимости, чем акционеры, при этом дисбаланс акционеров выражен сильнее. Установлено также, что относительные показатели выгод статистически значимо связаны с валовой рентабельностью, чистой рентабельностью и динамикой чистой прибыли. Таким образом, декомпозиция позволяет точнее выявлять механизмы распределения стоимости и их связь с эффективностью компании.

Ключевые слова: дисбаланс выгод, стейкхолдерская стоимость, стейкхолдерский подход, эффективность компании.

Введение

Развитие компании в долгосрочной перспективе связано с ее взаимодействием с основными стейкхолдерами. По данным эмпирических исследований, факторы ESG положительно связаны со стоимостью компании, что проявляется в росте продаж/рентабельности. При переходе на ESG рентабельность продаж в среднем растет на 5,5% [4] (Buallay, Fadel, 2023). При этом эффект ESG различается в зависимости от региона [1] (Мартынова, Лукина, 2023), т.е. взаимодействие со стейкхолдерами важно учитывать при оценке эффективности компании.

В большинстве исследований используется агрегированный показатель стейкхолдерской стоимости. С его помощью можно оценить общий объем создаваемой ценности, но особенности ее распределения между отдельными группами заинтересованных сторон остаются скрытыми. В результате невозможно определить, какие именно группы получают выгоды, соответствующие их вкладу, а у каких возникает дисбаланс. Аналитические возможности показателя поэтому ограничены, и нужна его декомпозиция.

Цель статьи – разработка подхода к оценке стейкхолдерских дисбалансов сотрудников и акционеров, проверка их связи с показателями финансовой эффективности российских компаний.

Для достижения цели необходимо:

– выявить ограничения агрегированной стейкхолдерской стоимости;

– систематизировать современные подходы к анализу связи этой стоимости с эффективностью компании;

– разработать подход к декомпозиции стоимости, определить систему показателей вкладов, выгод, дисбалансов по выделенным группам стейкхолдеров;

– оценить связь компонентов стейкхолдерской стоимости с эффективностью российских компаний с помощью корреляционного/регрессионного анализа.

Структура ценности и ее распределение между группами стейкхолдеров различаются от компании к компании. В компаниях, нацеленных на CSR, стейкхолдерская стоимость выше, но распределяется неравномерно: кредиторы получают статистически значимо больше выгоды, чем нефинансовые стейкхолдеры [10] (Samet, Ben Chikha, Jarboui, 2022). Между каждым из показателей ESG и стоимостью, создаваемой совместно с внешними стейкхолдерами, есть стабильная связь, причем наиболее значимой авторы считают социальную составляющую [6] (Jiang, Lin, 2026). Более высокий ESG статистически связан с более высоким Tobin's Q, а медиатором этой связи служит удовлетворенность клиентов [12] (Seok, Kim, Oh, 2024). Отсюда следует, что вклад различных групп стейкхолдеров в формирование стоимости компании нужно анализировать отдельно.

За агрегированным показателем могут скрываться дисбалансы между отдельными компонентами. Так, при изучении факторов создания/сохранения стоимости компаний телекоммуникационной отрасли А. Николаева-Аранович выявила сильное влияние компонента G, тогда как компоненты E и S по отдельности значимого влияния не оказали, хотя общий показатель ESG в регрессии значим [2] (Николаева-Аранович, 2023). К аналогичному выводу приходят авторы [16] (Taddeo, Agnese, Busato, 2024): на выборке 196 компаний из индекса Euro Stoxx 300 между отдельными компонентами ESG выявлены эффекты взаимозаменяемости и компромиссы, т.е. совокупный показатель может скрывать различия в направлении/силе влияния отдельных составляющих.

Различия между группами стейкхолдеров выявлены и в исследовании [5] (Čadež, Galant, 2023): на выборке из 115 хорватских компаний для всех шести групп установлена положительная связь CSR с рентабельностью собственного капитала следующего периода с коэффициентами от 0,16 до 0,23. На панельных данных по 4926 транснациональным компаниям за 2005-2020 гг. интеграция клиентов и поставщиков положительно связана с Tobin's Q (0,0344 и 0,0364), интеграция сотрудников – с EBITDA и ROA, а интеграция миноритарных акционеров и сообществ имела отрицательную связь со всеми изученными показателями эффективности [3] (Bischoff, López Manuel, Vázquez, 2025). Значит, связь разных групп стейкхолдеров с финансовой эффективностью компании может различаться по направлению и временному горизонту.

Вопрос распределения создаваемой стоимости особенно важен при оценке выгоды акционеров. Schoenmaker и Schramade показали, что при учете социальной/экологической стоимости оценка решений компании может сильно измениться: в модельном примере сталелитейной компании чистая приведенная стоимость проекта составила −4,2 млрд евро при подходе shareholder value и 10,6 млрд евро при стейкхолдерском подходе, а для Inditex коэффициент выплат составил 67% и 296% соответственно [11] (Schoenmaker, Schramade, 2024).

Стейкхолдерская стоимость связана с показателями ESG, но не тождественна им: у компаний с более высоким ESG абсолютные значения Value Added выше, однако после учета размера компаний стабильной статистической связи между этими показателями не выявлено [13] (Signori, San-Jose, Retolaza, Rusconi, 2021). По данным [9] (Raghunandan, Rajgopal, 2022), у компаний в портфелях 147 ESG-фондов в США за 2010-2018 гг. было больше

нарушений трудового/экологического законодательства, чем у компаний в портфелях 2428 сопоставимых не ESG-фондов. Значит, по агрегированному ESG-показателю не всегда можно судить о фактическом взаимодействии компании с отдельными группами стейкхолдеров. На российских данных Stepanov и Kayatkin оценили создание стоимости для финансовых/нефинансовых стейкхолдеров при реструктуризации ПАО «ЮТэйр» и ООО «Победа» с помощью EVA, Sustainable Growth Index, Interests Harmonized Index [14] (Stepanov, Kayatkin, 2023).

Для анализа структуры стейкхолдерской стоимости необходимо собрать данные и о вкладах групп, и о выгодах, которые они получают в результате взаимодействия с компанией. Несоответствие между вкладом и выгодами группы далее понимается как дисбаланс стейкхолдерской стоимости. Sugai и Mahajan также предлагают сопоставлять ценность, которую компания создает для стейкхолдера, с ценностью, которую она получает от него [15] (Sugai, Mahajan, 2023), а Nogueira de Tommaso и Borini на основе 47 глубинных интервью в 11 компаниях рассматривают распределение стоимости как самостоятельный процесс системы стейкхолдерской стоимости наряду с ее созданием и присвоением [7] (Nogueira de Tommaso, Borini, 2024).

В данной статье изучается взаимодействие компании с двумя основными группами стейкхолдеров – акционерами и работниками. Эти группы выбраны, т.к., по мнению автора, они наиболее влиятельны для компании и наиболее полно представлены в публичной отчетности российских компаний. Показатели вклада различных групп могут содержать общие компоненты (например, выручка входит и в производительность труда), поэтому прокси-показатели нужно подбирать осторожно. Т.к. нормализовать монетарные, немонетарные, объективные и субъективные показатели и привести их к единой шкале затруднительно, целесообразно использовать монетарные показатели, основанные на концепции Value Added. Авторская декомпозиция стейкхолдерской стоимости по группам акционеров и работников приведена в табл. 1.

Таблица 1
Переменные эмпирического исследования и логика их расчета

Блок	Показатель	Экономический смысл	Формула / источник
Эффективность	Валовая рентабельность	Доля валовой прибыли в выручке	Валовая прибыль / выручка
Эффективность	Чистая рентабельность	Доля чистой прибыли в выручке	Чистая прибыль / выручка
Эффективность	Чистая прибыль	Итоговый финансовый результат компании	Официальная отчетность компаний
Акционеры	Вклад акционеров	Финансовая база, вложенная акционерами в компанию	Собственный капитал
Акционеры	Выгода акционеров	Денежные выплаты акционерам	Дивиденды
Акционеры	Относительная выгода акционеров	Интенсивность распределения стоимости в пользу акционеров	Дивиденды / собственный капитал
Сотрудники	Вклад сотрудников	Объем создаваемого результата на одного работника	Выручка / численность
Сотрудники	Альтернативный вклад сотрудников	Создаваемая валовая прибыль на одного работника	Валовая прибыль / численность
Сотрудники	Выгода сотрудников	Средний объем выгод работников на одного человека	Расходы на персонал / численность
Сотрудники	Относительная выгода сотрудников	Доля выручки, распределяемая в пользу работников	Расходы на персонал / выручка
Сотрудники	Относительная выгода сотрудников (альт.)	Доля валовой прибыли, распределяемая в пользу работников	Расходы на персонал / валовая прибыль
Дисбалансы	Дисбаланс акционеров	Разница между нормированной выгодой и нормированным вкладом акционеров	z(выгода) – z(вклад)
Дисбалансы	Дисбаланс сотрудников	Разница между нормированной выгодой и нормированным вкладом сотрудников	z(выгода) – z(вклад)

Составлено автором.

Для акционеров вкладом служит собственный капитал как прокси-показатель предоставленных ими ресурсов, выгодой – дивиденды как форма распределения создаваемой стоимости. В регрессионных моделях основным относительным показателем выгоды акционеров служит отношение дивидендов к собственному капиталу.

Отдельное измерение стоимости, получаемой работниками, разработали O'Byrne и Rajgopal: по данным компаний S&P 1500 за 2020 г. совокупная Employee Value Added работников составляла около 30% общей стоимости, созданной для работников и инвесторов [8] (O'Byrne, Rajgopal, 2022). Вклад сотрудников оценивается через выручку, валовую прибыль, чистую прибыль в расчете на одного работника, выгоды – через расходы на персонал (в т. ч. на одного работника) и их отношение к выручке/валовой прибыли.

В ходе эмпирического исследования проверялись следующие гипотезы:

H1. Сотрудники в среднем получают большую долю текущей создаваемой стоимости компании, чем акционеры.

H2. Абсолютный дисбаланс акционеров статистически значимо выше абсолютного дисбаланса сотрудников.

H3. Между вкладом сотрудников в результаты деятельности компании и получаемыми ими выгодами существует положительная статистически значимая связь.

H4. Относительная выгода акционеров связана с валовой рентабельностью компании.

H5a. Относительная выгода сотрудников связана с чистой рентабельностью компании.

H5b. Относительная выгода сотрудников связана с динамикой чистой прибыли компании.

Для анализа собраны показатели из отчетности компаний по МСФО и иной публично раскрываемой информации. Чтобы исходные показатели были сопоставимы, данные нужно нормализовать; в статье для этого использовалось z-преобразование.

Дисбаланс стейкхолдерской стоимости определяется как разница между нормализованными показателями выгод и вкладов соответствующей группы. Положительное значение дисбаланса означает превышение получаемых выгод над вкладом группы, отрицательное – превышение вклада над получаемыми выгодами. Для оценки величины дисбаланса независимо от его направления используется абсолютное значение разницы.

Эмпирическая база исследования включает данные 19 российских компаний за 2017-2024 гг., итоговая выборка – 152 наблюдения (табл. 2). Т.к. отдельные компании раскрывают информацию не полностью, число наблюдений по некоторым показателям может быть ниже.

Таблица 2
Структура панели данных исследования

Параметр	Значение
Период наблюдения	2017-2024 гг.
Количество компаний	19
Количество наблюдений	152
Тип данных	Несбалансированная панель
Денежные показатели	Приведены к ценам 2024 года
Основные источники	Годовые отчеты, МСФО, РСБУ, отчеты об устойчивом развитии, Росстат
Группы стейкхолдеров	Акционеры и сотрудники
Базовый уровень анализа	Корреляции, paired tests, FE-модели, модели первых разностей

Составлено автором.

Для проверки гипотез использовались описательная статистика, парные t-тесты, критерий Уилкоксона, корреляционный анализ Пирсона и Спирмена, панельные регрессионные модели с фиксированными эффектами, модели первых разностей.

Для проверки H1 сопоставлены доли расходов на персонал и дивидендов в выручке (0,1121 и 0,0420) и в валовой прибыли (0,5839 и 0,1376). Различия статистически значимы по парному t-тесту и критерию Уилкоксона ($p < 0,001$) в обоих вариантах расчета, и гипотеза H1 подтверждается (табл. 3).

Таблица 3
Сравнение выгод сотрудников и акционеров

Сравнение показателей	N	Среднее по показателю 1	Среднее по показателю 2	Paired t-test, p-value	Wilcoxon, p-value	Вывод
Расходы на персонал / выручка vs дивиденды / выручка	142	0,1121	0,0420	9,67E-19	3,44E-15	Сотрудники получают большую долю выручки, чем акционеры
Расходы на персонал / валовая прибыль vs дивиденды / валовая прибыль	127	0,5839	0,1376	2,19E-17	3,84E-19	Сотрудники получают большую долю валовой прибыли, чем акционеры
|Дисбаланс сотрудников| vs |Дисбаланс акционеров|	131	0,5805	0,8734	0,0030	0,0270	Абсолютный дисбаланс акционеров выше

Составлено автором.

Для проверки H2 сопоставлены абсолютные значения дисбаланса: у сотрудников – 0,5805, у акционеров – 0,8734 ($p = 0,003$ по t-тесту, $p = 0,027$ по

критерию Уилкоксона). Следовательно, в отношении акционеров распределение стоимости сильнее отклоняется от условно сбалансированного состояния. Гипотеза H2 подтверждена.

Для проверки H3 проведен корреляционный анализ связи между вкладом сотрудников (выручка, валовая прибыль, чистая прибыль на одного работника) и расходами на персонал на одного работника (табл. 4). Для всех трех показателей вклада выявлена статистически значимая положительная связь, наиболее тесная – для выручки на одного работника (r Пирсона = 0,7842). Гипотеза H3 подтверждена.

Таблица 4
Корреляция выгод и вкладов сотрудников

Выгода сотрудников	Вклад сотрудников	N	Pearson r	Pearson p-value	Spearman rho	Spearman p-value	Интерпретация
Выгода на 1 работника	Выручка на 1 работника	137	0,7842	< 0,001	0,6776	< 0,001	Положительная статистически значимая связь
Выгода на 1 работника	Валовая прибыль на 1 работника	122	0,6776	< 0,001	0,5003	< 0,001	Положительная статистически значимая связь
Выгода на 1 работника	Чистая прибыль на 1 работника	137	0,5671	< 0,001	0,6665	< 0,001	Положительная статистически значимая связь

Составлено автором.

Для проверки H4 исследована связь относительной выгоды акционеров (отношение дивидендов к собственному капиталу) с валовой рентабельностью компании. Основные результаты регрессионного анализа приведены в табл. 5.

Таблица 5
Основные регрессионные результаты

Модель	Зависимая переменная	Ключевой фактор	N	Коэффициент	p-value	R^2	Интерпретация
FE	Валовая рентабельность	Дивиденды / собственный капитал	126	-0,0119	0,0013	0,9702	Более высокая относительная выгода акционеров связана с более низкой валовой рентабельностью
FE	Чистая рентабельность	Расходы на персонал / валовая прибыль	129	-0,5336	0,0115	0,7746	Рост доли выгод сотрудников в валовой прибыли связан со снижением чистой рентабельности
Δ-модель	Изменение валовой рентабельности	Изменение дивидендов / собственного капитала	109	-0,0092	0,0233	0,0587	Изменение относительной выгоды акционеров связано с изменением валовой рентабельности
Δ-модель	Изменение чистой рентабельности	Изменение расходов на персонал / валовая прибыль	110	-0,9728	0,0104	0,2675	Изменение доли выгод работников связано с изменением чистой рентабельности
Δ-модель	Изменение чистой прибыли	Изменение расходов на персонал / валовая прибыль	110	-1,0860	0,0378	0,0902	Изменение доли выгод работников связано с динамикой чистой прибыли

Составлено автором.

В модели с фиксированными эффектами коэффициент при отношении дивидендов к собственному капиталу составил −0,0119 (p = 0,0013), в модели первых разностей – −0,0092 (p = 0,0233), т.е. между относительной выгодой акционеров и валовой рентабельностью есть стабильная отрицательная связь; гипотеза H4 подтверждена. Для H5a коэффициент при отношении расходов на персонал к валовой прибыли в FE-модели составил −0,5336 (p = 0,0115), в модели первых разностей – −0,9728 (p = 0,0104); гипотеза H5a подтверждена. Для H5b коэффициент при изменении относительной выгоды сотрудников в модели изменения чистой прибыли составил −1,0860 (p = 0,0378); гипотеза H5b также подтверждается. Результаты проверки гипотез обобщены в табл. 6.

Таблица 6
Гипотезы исследования и их эмпирическая проверка

Гипотеза	Содержание гипотезы	Статус	Основание
H1	Относительная выгода сотрудников в среднем выше относительной выгоды акционеров при использовании выручки и валовой прибыли в качестве базы сравнения	Подтверждена	Paired t-test и Wilcoxon по двум вариантам сравнения
H2	Абсолютный дисбаланс акционеров выше абсолютного дисбаланса сотрудников	Подтверждена	Статистически значимое различие по абсолютным значениям дисбаланса
H3	Вклад сотрудников положительно связан с получаемыми ими выгодами	Подтверждена	Статистически значимые положительные корреляции Пирсона и Спирмена
H4	Относительная выгода акционеров связана с валовой рентабельностью компании	Подтверждена	Модели с фиксированными эффектами и первых разностей
H5a/H5b	Относительная выгода сотрудников связана с чистой рентабельностью и динамикой чистой прибыли	Подтверждена	FE и Δ-модели

Составлено автором.

По полученным результатам, при декомпозиции стейкхолдерской стоимости на вклады и выгоды отдельных групп удается получить дополнительную информацию по сравнению с агрегированным показателем. Из результатов по H1 и H2 следует, что размер получаемой выгоды и ее соответствие вкладу группы – разные характеристики: относительная выгода сотрудников больше, чем у акционеров, но абсолютный дисбаланс акционеров выше. Значит, из большей относительной выгоды группы еще не следует более сбалансированное распределение стоимости.

По результатам проверки H3 выгоды сотрудников распределяются не полностью независимо от результатов их деятельности. Говорить о прямом причинном влиянии вклада на выгоду нельзя, т.к. корреляция не доказывает причинности, но взаимосвязь между созданным результатом и получаемыми сотрудниками выгодами налицо.

По результатам проверки H4 и H5 относительные выгоды сотрудников и акционеров статистически значимо связаны с показателями финансовой эффективности компании, причем во всех регрессионных моделях связь отрицательная:

– более высокая относительная выгода акционеров связана с более низкой валовой рентабельностью;

– более высокая относительная выгода сотрудников – с более низкой чистой рентабельностью;

– изменение относительной выгоды сотрудников отрицательно связано с изменением чистой прибыли.

Возможно, рост доли создаваемой стоимости, распределяемой в пользу отдельной группы, не обязательно сопровождается повышением финансовой эффективности компании. Одним из объяснений может быть наличие компромиссов при распределении создаваемой стоимости между группами стейкхолдеров; это предположение нуждается в дополнительной эмпирической проверке. Полученные результаты согласуются с выводами о неравномерном распределении стоимости между группами [10] (Samet, Ben Chikha, Jarboui, 2022) и о неодинаковой связи групп стейкхолдеров с финансовыми результатами [3; 5], а положительная связь выгод сотрудников с их вкладом – с подходом O'Byrne и Rajgopal [8]. Как и в работах [7; 15], результаты указывают на необходимость перехода от агрегированного показателя к анализу отдельных компонентов, их вкладов, выгод и возникающих между ними дисбалансов.

Научный вклад исследования заключается в разработке подхода к декомпозиции стейкхолдерской стоимости на показатели вкладов, выгод отдельных групп стейкхолдеров. В отличие от агрегированного показателя, при таком подходе можно отдельно оценить вклад группы в результаты деятельности компании, получаемые ею выгоды и возникающий между ними дисбаланс. Дополнительный вклад – формирование системы относительных показателей для сопоставления сотрудников и акционеров, проверка их связи с показателями финансовой эффективности российских компаний. По итогам эмпирической проверки на данных российских компаний выявлены различия в относительных выгодах/дисбалансах групп, установлена связь относительных выгод различных групп с показателями рентабельности, прибыли. С учетом этих результатов возможности практического использования стейкхолдерской стоимости расширяются, появляется основа для ее дальнейшего применения в системе управления стоимостью и рисками предприятия.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использовать разработанную систему показателей для выявления дисбалансов между вкладом и получаемой выгодой отдельных групп стейкхолдеров. С помощью этих показателей можно определить, какая группа получает относительно большую/меньшую выгоду по сравнению с ее вкладом в результаты деятельности компании. Эту информацию можно использовать при принятии управленческих решений о распределении ресурсов, корректировке взаимодействия с отдельными группами стейкхолдеров и т. д. При отдельном анализе сотрудников и акционеров оценка финансовой эффективности компании дополняется информацией о структуре распределения создаваемой стоимости. Кроме того, разработанный подход можно применить для расширения анализа на другие группы стейкхолдеров и включения полученных показателей в систему управления стейкхолдерской стоимостью предприятия.

Ограничения исследования связаны с объемом выборки (19 российских компаний за 2017-2024 гг.), анализом только двух групп стейкхолдеров, неполным раскрытием информации отдельными компаниями, использованием прокси-показателей, не охватывающих всех монетарных/немонетарных характеристик взаимодействия, и невозможностью сделать вывод о причинном влиянии распределения выгод на финансовую эффективность. Дальнейшие исследования могут быть связаны с включением в анализ клиентов, поставщиков, кредиторов, государства, общества, проверкой альтернативных прокси-показателей, расширением выборки и применением более сложных эконометрических моделей для проверки причинных связей.

В исследовании разработан подход к декомпозиции стейкхолдерской стоимости на показатели вкладов, выгод, дисбалансов отдельных групп стейкхолдеров. На данных 19 российских компаний за 2017-2024 гг. этот подход проверен эмпирически на примере сотрудников и акционеров. По результатам проверки:

– сотрудники в среднем получают большую относительную выгоду, чем акционеры, но абсолютное значение дисбаланса акционеров статистически значимо выше;

– между вкладом сотрудников и получаемыми ими выгодами есть положительная статистически значимая связь;

– относительные выгоды сотрудников и акционеров статистически значимо отрицательно связаны с отдельными показателями финансовой эффективности компании.

Следовательно, по агрегированному показателю стейкхолдерской стоимости нельзя в полной мере выявить особенности распределения создаваемой стоимости между отдельными группами стейкхолдеров. При декомпозиции стоимости появляется дополнительная информация о соотношении вкладов и выгод стейкхолдеров, на которую можно опираться при принятии управленческих решений. Разработанный подход можно распространить на другие группы стейкхолдеров и использовать для дальнейшего развития системы управления стейкхолдерской стоимостью предприятия.

Литература

1. Мартынова Ю., Лукина И. ESG-рейтинги и их влияние на финансовую эффективность компаний на примере азиатских стран // Корпоративные финансы. 2023. Т. 17, № 3. С. 116-128. DOI: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.3.2023.116-128.
2. Николаева-Аранович А. Нефинансовые факторы создания и сохранения стоимости компаний телекоммуникационной отрасли // Корпоративные финансы. 2023. Т. 17, № 1. С. 90-100. DOI: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.1.2023.90-100.
3. Bischoff L., López Manuel L., Vázquez Vicente X. H. Beyond One-Size-Fits-All: Understanding the Impacts of Heterogeneous Stakeholders on Firm Performance // Strategic Change. 2025. Vol. 34, No. 1. P. 23-41. DOI: 10.1002/jsc.2612.
4. Buallay A., Fadel S. ESG and Firm Value Creation: Evidence from Emerging Markets // Journal of Risk and Financial Management. 2023. Vol. 16, No. 12. Article 517. DOI: 10.3390/jrfm16120517.
5. Čadež S., Galant A. The Role of Stakeholder Heterogeneity in the Corporate Social Responsibility–Corporate Financial Performance Relationship // Društvena istraživanja. 2023. Vol. 32, No. 1. P. 115-136. DOI: 10.5559/di.32.1.06.
6. Jiang Y., Lin H. Bridging Sustainability and Value Co-Creation: The Financial and Strategic Role of ESG Performance // International Review of Economics & Finance. 2026. Vol. 105. Article 104861. DOI: 10.1016/j.iref.2025.104861.
7. Nogueira de Tommaso E., Borini F. M. Stakeholder Value Creation System: Understanding the Process // South Asian Journal of Business and Management Cases. 2024. Vol. 15, No. 4. P. 777-806. DOI: 10.1108/SAMPJ-09-2023-0701.
8. O'Byrne S. F., Rajgopal S. Employee Value Added: A New Measure of Gain-Sharing between Labor and Capital // Journal of Applied Corporate Finance. 2022. Vol. 34, No. 2. P. 30-44. DOI: 10.1111/jacf.12503.
9. Raghunandan A., Rajgopal S. Do ESG Funds Make Stakeholder-Friendly Investments? // Review of Accounting Studies. 2022. Vol. 27, No. 3. P. 822-863. DOI: 10.1007/s11142-022-09693-1.
10. Samet M., Ben Chikha S., Jarboui A. Nexus between Corporate Social Responsibility Performance and Stakeholder Value // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 370. Article 133312. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133312.
11. Schoenmaker D., Schramade W. Shareholder Primacy or Stakeholder Governance? // Finance Research Letters. 2024. Vol. 69. Article 106244. DOI: 10.1016/j.frl.2024.106244.
12. Seok J., Kim Y., Oh Y. K. How ESG Shapes Firm Value: The Mediating Role of Customer Satisfaction // Technological Forecasting and Social Change. 2024. Vol. 208. Article 123714. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123714.
13. Signori S., San-Jose L., Retolaza J. L., Rusconi G. Stakeholder Value Creation: Comparing ESG and Value Added in European Companies // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 3. Article 1392. DOI: 10.3390/su13031392.
14. Stepanov A., Kayatkin A. Stakeholder Value Creation through Business Restructuring: Post Sanctions Evidence from Russian Airlines // Корпоративные финансы. 2023. Т. 17, № 4. С. 59-77. DOI: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.4.2023.59-77.
15. Sugai P., Mahajan G. Measuring Value Created for and by Stakeholders // Journal of Macromarketing. 2023. Vol. 43, No. 3. P. 289-298. DOI: 10.1177/02761467231174426.
16. Taddeo S., Agnese P., Busato F. Rethinking the Effect of ESG Practices on Profitability through Cross-Dimensional Substitutability // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 352. Article 120115. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120115.

Stakeholder imbalances of employees and shareholders as a factor of the financial performance of russian companies

Korolkov N. S.
Moscow University «Synergy»

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

A limitation of the stakeholder value indicator is that the aggregated measure does not allow one to identify differences between stakeholder groups or to reveal the specific features of value distribution among stakeholders. Companies may experience an imbalance between the contributions and benefits of employees and shareholders, and this imbalance may be related to corporate financial performance. The article proposes an approach to the decomposition of stakeholder imbalances of employees and shareholders and tests their relationship with the performance indicators of Russian companies. The empirical basis of the study includes data from 19 Russian companies for 2017-2024, which amounted to 152 observations. The analysis uses descriptive statistics, paired comparisons, correlation analysis, and panel regression models. It is revealed that employees, on average, receive a larger share of the current value created by the company than shareholders, while the shareholder imbalance is more pronounced. It is also established that relative benefit indicators are statistically significantly related to gross profitability, net profitability, and the dynamics of net profit. Thus, decomposition makes it possible to identify more accurately the mechanisms of value distribution and their relationship with company performance.

Keywords: benefit imbalance, stakeholder value, stakeholder approach, company performance.

References

1. Martynova Yu., Lukina I. ESG ratings and their impact on the financial performance of companies: the case of Asian countries // Korporativnye finansy = Journal of Corporate Finance Research. 2023. Vol. 17, No. 3. P. 116-128. DOI: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.3.2023.116-128.
2. Nikolaeva-Aranovich A. Non-financial factors of value creation and preservation of telecommunication companies // Korporativnye finansy = Journal of Corporate Finance Research. 2023. Vol. 17, No. 1. P. 90-100. DOI: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.1.2023.90-100.
3. Bischoff L., López Manuel L., Vázquez Vicente X. H. Beyond One-Size-Fits-All: Understanding the Impacts of Heterogeneous Stakeholders on Firm Performance // Strategic Change. 2025. Vol. 34, No. 1. P. 23-41. DOI: 10.1002/jsc.2612.
4. Buallay A., Fadel S. ESG and Firm Value Creation: Evidence from Emerging Markets // Journal of Risk and Financial Management. 2023. Vol. 16, No. 12. Article 517. DOI: 10.3390/jrfm16120517.
5. Čadež S., Galant A. The Role of Stakeholder Heterogeneity in the Corporate Social Responsibility–Corporate Financial Performance Relationship // Društvena istraživanja. 2023. Vol. 32, No. 1. P. 115-136. DOI: 10.5559/di.32.1.06.

Сравнение точности и скорости различных методов оценки линейной регрессии

Дергачёв Кирилл Олегович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», kirill1062@yandex.ru

Данная статья посвящена сравнению методов оценки коэффициентов линейной регрессии. Для сравнения были выбраны стандартные методы линейной алгебры: напрямую используя псевдообратную матрицу Пенроуза-Мура, LDL разложение, разложение Холецкого, QR, SVD; а также методы градиентного спуска: L-BFGS-B и метод сопряжённых градиентов. Для проверки результатов в разных условиях был сгенерирован набор синтетических данных, различающихся размером, шумом наблюдаемых значений по отношению к реальной зависимости, числом обусловленности и прочими особенностями, потенциально вносящими проблемы с точностью коэффициентов или точностью тестов. Генерация данных, оценка коэффициентов и тестирование проводились на языке Python. Все используемые методы являются обёртками оптимизированных библиотек написанных на низкоуровневых языках, поэтому проведённые тесты должны быть достаточно честными в плане эффективности реализации самих методов.

Ключевые слова: Линейная регрессия, симуляция, синтетические данные.

Введение

Линейная регрессия является одним из наиболее широко известных инструментов статистического моделирования и машинного обучения, а задача оценки коэффициентов методом наименьших квадратов (МНК) — одной из фундаментальных вычислительных задач. В общем случае задача оценки коэффициентов линейной регрессии достаточно проста, но существует значительное число условий, без которых нет гарантии получить качественный ответ. Проблемы могут быть вызваны как теоретическим несоответствием базовой спецификации модели реальным данным (в таком случае даже идеальное с практической точки зрения решение даст плохой результат), так и практическими проблемами (основной пример — численная точность компьютера). В данной работе под точностью предполагается отсутствие или минимальный эффект от проблем второго типа, проблемы первого решаются изменением спецификации модели. На практике обычно рассматривают несколько алгебраических подходов: решение через нормальные уравнения с обращением матрицы X^TX, разложение Холецкого, LDL-разложение, QR-разложение и сингулярное разложение (SVD). Помимо этого как и любую другую задачу оптимизации её можно решить численно, в данной статье были выбраны два самых распространённых численный метода градиентного спуска - L-BFGS-B и метод сопряжённых градиентов (CG). Каждый из этих методов обладает своими характеристиками по скорости, потреблению памяти и устойчивости к плохой обусловленности.

Теоретически все перечисленные методы должны давать одно и то же решение — вектор коэффициентов, минимизирующий сумму квадратов остатков. Однако на практике, при работе с числами с плавающей запятой, методы могут расходиться в результатах, особенно когда матрица признаков X плохо обусловлена. Обусловленность матрицы, измеряемая числом обусловленности $\kappa(X) = \sigma_{max}/\sigma_{min}$, является ключевым фактором, определяющим чувствительность решения к малым изменениям входных данных. Методы, работающие непосредственно с матрицей X (QR, SVD), в теории сохраняют точность, определяемую $\kappa(X)$, тогда как методы, использующие X^TX (нормальные уравнения, Холецкий), сталкиваются с квадратичным ухудшением обусловленности, поскольку $\kappa(X^TX) = \kappa(X)^2$.

Настоящая работа посвящена систематическому сравнению методов решения задачи линейной регрессии с точки зрения скорости вычислений и точности восстановления истинных коэффициентов. В данной работе рассматриваются не только классические алгебраические методы (нормальные уравнения, Холецкий, LDL, QR, SVD), но и итеративный подход, в частности метод градиентного спуска и его квазиньютоновские варианты (L-BFGS-B и CG), реализованные в библиотеке SciPy. Поведение этих методов исследуется на синтетических данных с контролируемым числом обусловленности, что позволяет точно определить пороги, при которых каждый метод начинает демонстрировать потерю точности или полный отказ.

Для проведения экспериментов ранее был разработан генератор данных, позволяющий независимо контролировать размер выборки, число признаков, уровень шума, степень автокорреляции ошибок и целевое число обусловленности матрицы X. Это даёт возможность изолированно изучать влияние каждого фактора на поведение методов. В тестах измеряется вычислительное время, ошибка восстановления истинных коэффициентов, а также сумма квадратов остатков прогнозов моделей.

Материалы и методы исследований

Постановка задачи

Как было упомянуто ранее в данной работе сравнивается множество методов оценки коэффициентов линейной регрессии, как алгебраические, так и численные. Далее следует краткая формулировка решаемой проблемы и методов её решения.

В терминах линейной алгебры задача линейной выглядит как нахождение самого лучшего вектора β для решения уравнения вида:

$$X\beta = Y \quad \text{(Уравнение 1)}$$

где X - матрица размерности $n \times k$ независимых переменных (данные используемые для объяснения/прогноза Y), β - вектор длины k искомых коэффициентов, а Y - вектор длины n интересующей нас переменной, которую нужно прогнозировать или оценить через известные X. В данной системе $n > k$, поэтому точного решения не существует. Под «самого лучшего» в стандартном случае подразумевают минимизирующего Евклидово расстояние между полученными моделью и реальными значениями Y. Все методы используемые в данной статье дают именно такую оценку β.

Методы оценки коэффициентов

В рамках данной работы было проведено сравнение различных методов решающих данную проблему:

Псевдообратная матрица:

Самое очевидное решение подобной системы — решение через нормальные уравнения. В случае если матрица независимых переменных имеет полный ранг (что обычно истинно на практике), обе части уравнения можно домножить на

X^T, что позволит вывести β обратив матрицу, полученную с левой стороны уравнения:

$X\beta = Y$ (Уравнение 2a)
$X^TX\beta = X^TY$ (Уравнение 2b)
$\beta = (X^TX)^{-1}X^TY$ (Уравнение 2c)

Разложение Холецкого:

Данный метод раскладывает X^TX на произведение нижнетреугольной и верхнетреугольной матрицы, а затем решает их как 2 системы уравнений (предполагается что X^TX является квадратной положительно-определённой, что математически всегда истинно, но в некоторых случаях может не выполняться на практике из-за численной ошибки):

$X\beta = Y$ (Уравнение 3a)
$LL^T\beta = Y$ (Уравнение 3b)
$Lz = Y \rightarrow L^T\beta = z$ (Уравнения 3c)

LDL разложение:

Этот метод практически идентичен разложению Холецкого, но также выделяет диагональную матрицу D, за счёт чего не ломается если X^TX оказывается не положительно определённой, но из-за выделения этой матрицы и необходимости решить ещё одну систему уравнений может оказаться медленнее:

$X\beta = Y$ (Уравнение 4a)
$LDL^T\beta = Y$ (Уравнение 4b)
$Lz = Y \rightarrow Dw = z \rightarrow L^T\beta = w$ (Уравнения 4c)

QR разложение:

Для этого метода (и последующих) вычисление X^TX не требуется. Матрица X раскладывается на ортогональную матрицу Q и верхне-треугольную R, далее обращением Q, которое для ортогональных матриц равнозначно простому транспонированию, уравнение приводится в упрощённый вид и решается обратной подстановкой:

$X\beta = Y$ (Уравнение 5a)
$QR\beta = Y$(Уравнение 5b)
$R\beta = Q^TY = w$ (Уравнение 5c)

SVD разложение:

Матрица X раскладывается на $U\Sigma V^T$, где $U_{n\times n}$ - ортогональная матрица, $\Sigma_{n\times k}$ - диагональная матрица, $V_{k\times k}$ - другая ортогональная матрица. Преобразовав полученное выражение получаем обычную систему уравнений, решаем её и получаем ответ:

$X\beta = Y$ (Уравнение 6a)
$U\Sigma V^T\beta = Y$ (Уравнение 6b)
$\Sigma V^T\beta = U^TY$ (Уравнение 6c)
$\Sigma z = U^TY \rightarrow \beta = Vz$ (Уравнения 6d)

Библиотека LAPACK [5][6], используемая для вычисления данных матриц, содержит 2 варианта разложения более старый использующий итерации QR разложений, и более новый рекурсивный метод.

Градиентный спуск (метод сопряжённых градиентов):

Методы градиентного спуска итеративно двигаются в направлении противоположном градиенту (в задачах минимизации) пока не достигнут минимума по заранее заданной метрике (например, изменение функции потерь меньше заданного значения) или не пробьют ограничение по количеству шагов. Общая идея подобных методов:

$X\beta = Y$ (Уравнение 7a)
$(X\beta - Y)^T(X\beta - Y) \rightarrow \min\limits_{\beta}$ (Уравнение 7b)
$\beta^TX^TX\beta - 2Y^TX\beta + Y^TY \rightarrow \min\limits_{\beta}$ (Уравнение 7c)
$\nabla f(\beta) = 2(X^TX\beta - X^TY)$ (Уравнение 7d)
$\beta_{i+1} = \beta_i - \alpha_i\nabla f(\beta_i)$ (Уравнение 7e)

Выбирается какое-то первое приближение искомого вектора β_0, далее оно итеративно обновляется двигаясь обратно градиенту (α_i - коэффициент определяющий масштаб шага).

Проблема данного метода в том что зачастую каждый шаг оптимален локально, но не оптимален глобально и поэтому итерации могут скакать вокруг оптимума.

Метод сопряжённых градиентов решает эту проблему выбирая вектора сопряжённые по гессиану функции и двигаясь по полученному новому «базису».

Градиентный спуск L-BFGS-B:

Если на каждом шаге учитывать вторую производную (гессиан), то за счёт более точной аппроксимации сходимость метода градиентного спуска будет лучше. При известном гессиане шаг спуска выглядит как:

$\beta_{i+1} = \beta_i - H(\beta_i)^{-1}\nabla f(\beta_i)$ (Уравнение 8)

Проблема данного метода — необходимость считать гессиан на каждом шаге. Это затратно как в плане времени необходимого для вычислений, так и по памяти. Также в некоторых случаях для второй производной нет явной формулы. BFGS (алгоритм Бройдена — Флетчера — Гольдфарба — Шанно) решает эту проблему выбирая фиксированный стартовый гессиан и обновляя его на каждом шаге используя производные. Полученная матрица является достаточно хорошим приближением, считается относительно быстро и для данного метода можно сократить потребление памяти, используя только информацию из недавних шагов (вся матрица в памяти не хранится).

Изменение в генерации данных

В ходе генерации данных было выявлено что реализованный метод для генерации независимых переменных с большим числом обусловленности не даёт достаточно «плохую» задачу чтобы значительно повлиять на работу алгоритмов, поэтому был добавлен новый метод, и изменён интерфейс для возможности выбора числа обусловленности напрямую. Данный метод генерирует матрицу независимых переменных используя определение числа обусловленности напрямую. Сначала случайно генерируются ортогональные матрицы SVD разложения а затем значения в диагональной генерируются по логарифмической шкале от 1 до необходимого числа обусловленности. Перемножив эти матрицы получается искомая.

Используемые инструменты

Практическая часть данной работы была выполнена на языке Python. Данные для оценки являются синтетическими, и получены при помощи методов описанных в [8]. Весь код реализован на языке Python, версия 3.13.5. Найти его можно [9]. Зависимости и их версии зафиксированы в файле pyproject.toml. Все тесты были выполнены на домашнем ПК (ЦП AMD Ryzen 9 5900X, 32Гб DDR4 ОЗУ + 15Гб swap-раздел на m.2 диске).

Параметры генерации данных

Для генерации данных были выбраны стандартизированные параметры с интуитивным объяснением для более простой интерпретации и краткого описания. Названия датасетов построены по формату: <размер датасета>_<качество X>_<масштаб коэффициентов>_<качество Y>. Далее описание этих параметров с их короткими названиями:

размер датасета (размерность матрицы независимых переменных): large (75000 * 3000), small (100 * 5)

качество X: gx (дисперсия при генерации независимых переменных равная 3), bx (число обусловленности равное 10^{10})

масштаб коэффициентов (мат. ожидание коэффициентов): sc (5), lc (10^7). Параметр разброса значений и доля отрицательных в обоих случаях 0.5.

Качество Y (автокорреляция): gy (0), by (0.4). Для обоих случаев выставлена дисперсия 20^2

Из всех возможных комбинаций данных параметров собираются условия генерации данных. Далее для краткости будут использоватся эти названия (пример: «large_gx_sc_gy»).

Литературный обзор

Задача оценки параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов (МНК) имеет долгую историю, восходящую к работам Лежандра и Гаусса начала XIX века, и остаётся одной из фундаментальных вычислительных задач в статистике и машинном обучении [1]. Современные приложения МНК варьируются от обработки изображений и геофизики до финансового моделирования и анализа климатических данных, что делает вопросы выбора эффективного и устойчивого вычислительного метода по-прежнему актуальными [2].

Классические подходы к решению переопределённых систем $X\beta = Y$ делятся на две большие группы: методы, работающие непосредственно с матрицей признаков X, и методы, использующие матрицу нормальных уравнений X^TX. Первая группа включает QR-разложение и сингулярное разложение (SVD), вторая — решение через нормальные уравнения, разложение Холецкого и LDL-разложение. Фундаментальное различие между ними состоит в том, как они реагируют на плохую обусловленность. Как отмечается в работе [3], точность решения через нормальные уравнения зависит от квадрата числа обусловленности $\kappa(X)^2$, тогда как QR и SVD сохраняют точность, определяемую непосредственно $\kappa(X)$. Это делает методы, работающие с X^TX, предпочтительными только для хорошо обусловленных задач [4].

Помимо прямых алгебраических методов, задача МНК может решаться итеративно как задача оптимизации. Простейший подход — градиентный спуск — двигается в направлении, противоположном градиенту функции потерь, однако на плохо обусловленных задачах он сходится крайне медленно, поскольку каждый шаг оптимален лишь локально. Метод сопряжённых градиентов (CG) решает эту проблему, выбирая направления поиска, сопряжённые по матрице X^TX, что позволяет достичь точного решения за не более чем n шагов и даёт скорость сходимости, зависящую от $\kappa(X)$, а не от $\kappa(X)^2$ [7]. Квазиньютоновские методы, в частности BFGS и его модификация с ограниченной памятью L-BFGS, аппроксимируют обратный гессиан, используя только градиентную информацию, что позволяет достичь сверхлинейной сходимости без явного вычисления вторых производных. L-BFGS особенно привлекателен для задач с большим числом параметров, поскольку хранит лишь несколько векторов истории вместо полной матрицы $n \times n$. Для сравнения с прямыми методами в данной работе выбраны CG как представитель чисто первопорядковых методов и L-BFGS-B как наиболее распространённая и практически значимая реализация квазиньютоновского семейства.

Результаты и обсуждения

Для сравнения методов использовались две метрики: среднеквадратичная ошибка прогнозов модели (RMSE) на тестовой выборке и время на нахождение результата. Сравнение RMSE на истинных коэффициентах как основная метрика было бы некорректным: в присутствии шума, автокорреляции и гетероскедастичности лучшая по MSE прогноза оценка коэффициентов не совпадает с истинными коэффициентами модели, но она предоставлена для демонстрации масштаба.

Результаты всех тестов доступны в репозитории [9]. В таблицах ниже приведены результаты для условий, различающихся только числом обусловленности и размером датасета; остальные параметры генерации на качественную картину не влияли.

Таблица 1.
Маленький датасет, небольшое число обусловленности (1.48).
(MSE на истинных коэффициентах: 20.9394)

	direct	LDL	Cholesky	QR	SVD(DC)	SVD(QR)	BFGS	CG
RMSE	20.8368							
Время (с.)	0.00029	9.1e-5	0.00025	9.4e-5	0.00011	9.3e-5	0.00144	0.00073

Таблица 2
Маленький датасет, большое число обусловленности (9999998638).
(MSE на истинных коэффициентах: 20.4603)

	direct	LDL	Cholesky	QR	SVD(DC)	SVD(QR)	BFGS	CG
RMSE	20.232	20.225	-	20.218	20.218	20.218	20.305	20.236
Время (с.)	0.0001	9.3e-5	-	5.5e-5	9.7e-5	7.3e-5	0.0017	0.0027

Таблица 3.
Большой датасет, небольшое число обусловленности (1.5).
(MSE на истинных коэффициентах: 175.4618)

	direct	LDL	Cholesky	QR	SVD(DC)	SVD(QR)	BFGS	CG
MSE	163.297							
Время (с.)	8.31	3.20	3.51	76.25	15.85	57.99	4.19	9.8

Таблица 4.
Большой датасет, большое число обусловленности (9999999986).
(MSE на истинных коэффициентах: 20.069)

	direct	LDL	Cholesky	QR	SVD(DC)	SVD(QR)	BFGS	CG
MSE	27.398	20.386	-	19.67	19.67	19.67	-	-
Время (с.)	7.198	2.463	-	79.513	16.19	36.978	-	-

Малые датасеты, хорошая обусловленность (Таблица 1): Все методы дают практически идентичные значения RMSE - различия лежат в пределах 12-го знака. Выбор метода определяется исключительно скоростью. Наименьшее время показали LDL и QR, за ними SVD и Холецкий. Градиентные методы оказались на порядок медленнее при той же точности.

Малые датасеты, плохая обусловленность (Таблица 2): Картина качественно меняется. Разложение Холецкого во всех прогонах завершается ошибкой “singular matrix” - матрица X^TX теряет положительную определённость из-за накопленных ошибок округления. Прямое решение через нормальные уравнения даёт качество катастрофически далекое от ожидаемого. LDL оказывается устойчивее: RMSE ≈ 20.22, сравнимый с QR и SVD. QR, SVD(DC) и SVD(QR) дают наилучший RMSE (20.218).

Большие датасеты, хорошая обусловленность (Таблица 3): Точность всех методов одинакова, различие — только во времени. Методы на основе X^TX заметно быстрее. Градиентные методы демонстрируют большой разброс: от 4.2 с (BFGS в одном из прогонов) до 126 с (CG), что отражает сильную зависимость их сходимости от конкретной реализации генератора. Это соответствует теоретическим оценкам сложности: $O(nk^2)$ для методов на основе X^TX, примерно вдвое больше для QR и в несколько раз больше для SVD.

Большие датасеты, плохая обусловленность (Таблица 4): Как и на малых датасетах, разложение Холецкого падает с ошибкой “singular matrix”. Прямое решение через нормальные уравнения снова даёт большое RMSE - прогнозы непригодны. LDL устойчивее. QR, SVD(DC) и SVD(QR) дают наилучший RMSE (19.67). Градиентные методы (CG и L-BFGS-B) на этих задачах не уложились в отведённый лимит времени (15 минут) и были остановлены — это принципиальное ограничение итеративных методов при больших размерах задачи и плохой обусловленности.

Влияние остальных параметров: Масштаб коэффициентов и автокорреляция ошибок не меняют качественной картины: те же методы выигрывают и проигрывают, абсолютные значения метрик сдвигаются, но относительное расположение методов сохраняется. Это подтверждает, что определяющими факторами являются число обусловленности и размер датасета.

Выводы

Для хорошо обусловленных задач оптимальны методы на основе X^TX: они дают ту же точность, что и QR/SVD, но заметно быстрее. Для плохо обусловленных задач эти методы либо теряют точность (прямое решение, Cholesky), либо требуют осторожной реализации (LDL). Устойчивыми остаются только QR и SVD, причём на больших датасетах SVD с divide-and-conquer оказывается в 2–5 раз быстрее QR, что делает его предпочтительным выбором для больших плохо обусловленных задач. Градиентные методы на малых плохо обусловленных задачах дают неожиданно хорошее восстановление коэффициентов, но на больших задачах не укладываются в разумное время, что делает их непригодными в качестве основного инструмента для задач такого масштаба.

Литература

1. Trefethen L. N., Bau, III D. Numerical linear algebra. – Society for industrial and applied mathematics, 1997.
2. Golub G. H., Van Loan C. F. Matrix computations. – JHU press, 2013. – Т. 3.
3. Лихт М. К. Обусловленность в задаче о минимуме квадратичного функционала //Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1963. – Т. 3. – №. 6. – С. 979-987.
4. Шевцов Г. С., Крюкова О. Г., Мызникова Б. И. *Численные методы линейной алгебры*. — СПб.: Лань, 2022. — 496 с.
5. Anderson E. et al. LAPACK users' guide. – Society for industrial and applied mathematics, 1999.
6. Virtanen P. et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python //Nature methods. – 2020. – Т. 17. – №. 3. – С. 261-272.
7. Nocedal J., Wright S. Numerical Optimization. – 2006.
8. Дергачёв К.О. Генерация синтетических данных для задач линейной регрессии Modern Economy Success. 2024. № 6. С. 383 – 388. DOI: 10.58224/2500-3747-2024-6-383-388
9. Репозиторий автора, Github, США. URL: https://github.com/kdergachev/regresson_method_comparison

Comparing speed and accuracy of linear regression fitting

Dergachev K.O.
Moscow Financial and Industrial University «Synergy»

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article is devoted to the comparison of methods for fitting a linear regression model. Standard linear algebra methods were chosen for evaluation: directly using the pseudo-inverse Moore-Penrose matrix, LDL decomposition, Cholesky decomposition, QR, SVD, as well as the gradient descent methods: L-BFGS-B, conjugate gradient method. To verify the results under different conditions, a set of synthetic data was generated, differing in size, noise of observed values in relation to the real dependence, condition number and other features that potentially introduce problems with the accuracy of coefficients or tests.

Keywords: linear regression, simulation, synthetic data.

References

1. Trefethen L. N., Bau, III D. Numerical linear algebra. – Society for industrial and applied mathematics, 1997.
2. Golub G. H., Van Loan C. F. Matrix computations. – JHU press, 2013. – Т. 3.
3. Лихт М. К. Обусловленность в задаче о минимуме квадратичного функционала //Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1963. – Т. 3. – №. 6. – С. 979-987.
4. Шевцов Г. С., Крюкова О. Г., Мызникова Б. И. *Численные методы линейной алгебры*. — СПб.: Лань, 2022. — 496 с.
5. Anderson E. et al. LAPACK users' guide. – Society for industrial and applied mathematics, 1999.
6. Virtanen P. et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python //Nature methods. – 2020. – Т. 17. – №. 3. – С. 261-272.
7. Nocedal J., Wright S. Numerical Optimization. – 2006.
8. Dergachev K.O. Generating synthetic data for linear regression problems. Modern Economy Success. 2024. 6. P. 383 – 388. DOI: 10.58224/2500-3747-2024-6-383-388
9. Author’s repository, Github, USA. URL: https://github.com/kdergachev/regresson_method_comparison

Моделирование направления изменения ключевой ставки Банка России на основе индекса тональности официальных коммуникаций регулятора

Евдокимов Александр Иванович
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, evdokimov.a.i@mail.ru

Пресс-релиз Банка России по итогам заседания Совета директоров одновременно объясняет принятое решение о ключевой ставке и сообщает оценку дальнейших действий. Требуется установить, какая часть текста пресс-релиза содержит сведения о направлении следующего решения сверх самого текущего решения. Материалом послужили 108 пресс-релизов с 14 февраля 2014 г. по 11 сентября 2026 г. Для каждого документа рассчитан словарный индекс тональности как нормированная разность ужесточительных и смягчительных выражений и отдельно закодирован явный сигнал о возможном повышении или снижении ставки. Направление решения на следующем заседании оценивалось порядковой логит-моделью на 107 парах наблюдений и прогнозировалось вне выборки с расширяющимся окном для 67 заседаний. Индекс тональности коррелирует с направлением следующего решения (коэффициент Спирмена 0,548), однако в модели, включающей текущее решение, индекс теряет значимость ($p = 0,216$). Сигнал о направлении ставки остаётся значимым ($p = 0,002$) и снижает AIC со 170,3 до 162,2. При прогнозе вне выборки сочетание текущего решения и сигнала обеспечило оценку Брайера 0,401 против 0,478 у правила сохранения текущего решения, хотя доля верных классификаций оказалась ниже (0,687 против 0,761). Общая тональность текста в изученном корпусе преимущественно описывает обоснование уже принятого решения. Прогностическое содержание сосредоточено в явном сигнале: после 64 ненулевых сигналов противоположное решение принято один раз, но более половины пауз, последовавших за изменением ставки (9 из 17), пришлись на пресс-релизы с сигналом продолжения, поэтому сигнал указывает направление следующего изменения, а не его срок.

Ключевые слова: ключевая ставка, Банк России, индекс тональности, сигнал о направлении денежно-кредитной политики, порядковая логит-модель, прогноз вне выборки.

Введение

Решение Совета директоров Банка России по ключевой ставке публикуется вместе с пресс-релизом, в котором регулятор объясняет оценку инфляции, инфляционных ожиданий, кредитной активности и рисков. Для участников финансового рынка этот документ служит основным источником сведений о вероятной траектории ставки. Пресс-релизы по итогам заседаний несут новую для рынка информацию и повышают высокочастотную волатильность финансовых инструментов [2], а неожиданное ужесточение политики, выделенное по реакции валютных фьючерсов в дни решений по ключевой ставке, значимо повышает доходность облигаций [4]. Сопоставление решений 2021–2023 гг. с опросами аналитиков и динамикой индекса государственных облигаций выявило неожиданные для рынка изменения ставки, которые объясняются информационным преимуществом регулятора [1]. Отсюда возникает прикладной вопрос: какие элементы текста пресс-релиза позволяют заранее определить направление следующего решения.

Текстовые показатели коммуникаций центральных банков строятся несколькими способами. Предметный словарь «ужесточительной» и «смягчительной» лексики применялся к пресс-конференциям Европейского центрального банка [8] и к протоколам и стенограммам заседаний Федеральной резервной системы [9]; тональность внутренних обсуждений использовалась для оценки целевой функции регулятора [10], а макроэкономические факторы определяют долгосрочные премии за риск при арбитражном ценообразовании финансовых активов [11]. Для Банка России нейросетевым методом измерялась ясность текстов о денежно-кредитной политике [3]. Работы по другим центральным банкам сообщают, что тональность заявлений помогает прогнозировать будущие решения [12] [13], а изменения содержания коммуникаций влияют на инфляционные ожидания не слабее самих решений [14]. Вместе с тем разложение текста на тематические составляющие показало, что рынки сильнее реагируют на сообщения о будущей политике, чем на описание текущей экономической ситуации [7].

Для прогнозирования решений Банка России это различие существенно. Пресс-релиз обосновывает только что принятое решение, поэтому высокая доля лексики о росте цен после повышения ставки может лишь повторять уже известное направление. Функция реакции Банка России в период инфляционного таргетирования описывается вариантом правила Тейлора [5] [6], и направление решений обладает инерцией. Следовательно, текстовый показатель полезен для прогноза лишь тогда, когда он содержит сведения сверх текущего решения. Поэтому на полном корпусе пресс-релизов о ключевой ставке необходимо раздельно измерить общую тональность текста и явный сигнал о направлении ставки, оценить их связь с направлением решения на следующем заседании при учёте текущего решения и проверить прогноз вне выборки.

Материалы и методы исследования

Корпус сформирован из всех пресс-релизов о решениях по ключевой ставке, ссылки на которые размещены в календаре заседаний на официальном сайте Банка России: 108 документов с 14 февраля 2014 г. по 11 сентября 2026 г., включая внеочередные заседания. Из HTML-страниц извлечён текст пресс-релиза без навигационных элементов и без завершающего сообщения о дате следующего заседания. Для каждого документа в реестре сохранены дата, ссылка на страницу, первое предложение, объём текста и контрольная сумма SHA-256. Направление текущего решения (повышение, сохранение, снижение) и уровень ставки определены по первому предложению; знак каждого решения сверен с изменением уровня ставки относительно предыдущего заседания, расхождений в реестре нет. В корпусе 25 повышений, 43 решения о сохранении и 40 снижений.

Индекс тональности рассчитан по предложениям текста без первого предложения, которое сообщает само текущее решение; повторяющиеся на странице предложения учтены один раз. Словарь содержит шесть групп ужесточительных и шесть групп смягчительных регулярных выражений. К первым отнесены проинфляционная лексика, ускорение и усиление роста цен, рост инфляционных ожиданий и выражения о повышении ключевой ставки или ужесточении денежно-кредитной политики и условий; ко вторым – дезинфляционная лексика, замедление и снижение инфляции, снижение инфляционных ожиданий и выражения о снижении ставки или смягчении политики. Перекрывающиеся совпадения одной полярности учитываются один раз. Индекс документа равен $(H - D)/(H + D)$, где H и D – числа ужесточительных и смягчительных совпадений; при $H + D = 0$ индекс равен нулю. В 4604 предложениях найдено 443 ужесточительных и 544 смягчительных совпадения, нулевое число совпадений получено в двух документах.

Сигнал о направлении ставки кодировался отдельно и из индекса тональности исключался. К сигнальным отнесены предложения, одновременно упоминающие ключевую ставку или денежно-кредитную политику и содержащие указание на будущие действия («будет оценивать целесообразность», «допускает возможность», «не исключает», «рассмотрит», «будет готов»).

Предложения о прошлых решениях и о прогнозе годовой инфляции исключались. Предложению присваивалось значение +1 при упоминании повышения ставки или ужесточения политики, –1 при упоминании снижения ставки или смягчения политики и 0 в остальных случаях, включая формулы об уменьшении потенциала снижения ставки. Сигнал документа равен знаку суммы значений его сигнальных предложений; ненулевой сигнал получен в 64 документах.

Зависимой переменной служит направление решения на следующем заседании: –1, 0 или +1. Объясняющие переменные – текущее решение, индекс тональности и сигнал документа. Использована порядковая логит-модель с двумя порогами; параметры оценены методом максимального правдоподобия, стандартные ошибки получены по численному гессиану. Оценено шесть спецификаций на 107 парах «пресс-релиз – следующее решение». Прогноз вне выборки построен с расширяющимся окном: для заседания t модель оценивалась на всех парах до t, первые 40 пар использованы только для обучения, поэтому прогнозные точки охватывают пресс-релизы с 26 октября 2018 г. по 24 июля 2026 г. (67 заседаний). Прогнозом класса считалось направление с наибольшей вероятностью. Качество оценивалось долей верных классификаций и многоклассовой оценкой Брайера, то есть средней суммой квадратов отклонений вероятностей от фактического исхода. Базой сравнения служили правило сохранения текущего решения, для которого оценка Брайера равна удвоенной доле ошибок, и правило постоянного сохранения ставки. Расчёты выполнены на Python с библиотеками NumPy и SciPy.

Результаты и обсуждение

Средние значения индекса тональности упорядочены по направлению следующего решения. Его значения перед снижением, сохранением и повышением ставки равны –0,416, –0,105 и 0,446, коэффициент ранговой корреляции Спирмена с направлением следующего решения составляет 0,548 ($p < 0,001$). Корреляция того же индекса с текущим решением выше и равна 0,651. Такое соотношение согласуется с назначением пресс-релиза как обоснования принятого решения. После повышения ставки текст содержит больше выражений о росте цен и проинфляционных рисках, после снижения – о замедлении инфляции. Поскольку в 72 из 107 пар направление решения сохранялось, связь индекса со следующим решением может передаваться через текущее решение. Оценки порядковой логит-модели позволяют разделить эти составляющие (табл. 1).

Таблица 1

Оценки порядковой логит-модели направления следующего решения (107 пар, 2014–2026 гг.)

Спецификация	Текущее решение	Индекс тональности	Сигнал о направлении	AIC	Псевдо-R^2 Макфаддена
Без переменных	–	–	–	234,0	–
Текущее решение	2,361 (0,340)	–	–	170,3	0,285
Индекс тональности	–	1,956 (0,373)	–	202,4	0,146
Сигнал о направлении	–	–	1,916 (0,306)	186,5	0,215
Решение и индекс	2,112 (0,390)	0,558 (0,451)	–	170,8	0,292
Решение и сигнал	1,844 (0,378)	–	1,103 (0,355)	162,2	0,329
Все переменные	1,720 (0,419)	0,316 (0,470)	1,063 (0,361)	163,8	0,331

Источник: расчёт автора по пресс-релизам Банка России; в скобках стандартные ошибки

По отдельности индекс тональности значимо связан с направлением следующего решения, однако после добавления текущего решения эта связь почти исчезает. Коэффициент индекса снижается с 1,956 до 0,558 ($p = 0,216$), а AIC возрастает с 170,3 до 170,8. Сигнал о направлении ставки ведёт себя иначе: при учёте текущего решения его коэффициент равен 1,103 ($p = 0,002$), а AIC снижается до 162,2. Добавление индекса тональности к модели с сигналом не улучшает информационный критерий (163,8), коэффициент индекса незначим ($p = 0,501$). В изученном корпусе сведения о будущем решении, не содержащиеся в текущем решении, передаются явной формулой о возможном изменении ставки, а не общей долей ужесточительной или смягчительной лексики. Этот результат отличается от выводов по вступительным заявлениям Европейского центрального банка, где тональность, очищенная от доступных рынку данных, была связана с будущими решениями и при учёте рыночных ожиданий [12]; в пресс-релизах Банка России содержание, относящееся к будущей политике, выделено в отдельные устойчивые формулы, и словарный подсчёт по остальному тексту описывает главным образом обоснование текущего решения.

Распределение исходов по значениям сигнала показывает, какие сведения он содержит. После 27 пресс-релизов с сигналом о возможном повышении ставку повышали 16 раз, сохраняли 11 раз и ни разу не снижали. После 37 пресс-релизов с сигналом о возможном снижении ставку снижали 26 раз, сохраняли 10 раз и один раз повысили: этот случай относится к пресс-релизу 31 октября 2014 г., где условная формула о готовности начать смягчение политики сопровождалась повышением ставки на следующем заседании. При нулевом сигнале исходы распределены шире: 14 снижений, 21 сохранение и 8 повышений из 43 случаев. Ненулевой сигнал почти исключает решение противоположного направления, но оставляет высокую вероятность паузы.

Таблица 2

Прогноз направления решения вне выборки (67 заседаний, пресс-релизы с 26.10.2018 по 24.07.2026)

Способ прогноза	Верно классифицировано	Доля верных классификаций	Оценка Брайера
Постоянное сохранение ставки	24	0,358	–
Сохранение текущего решения	51	0,761	0,478
Порядковая логит-модель, текущее решение	51	0,761	0,415
Порядковая логит-модель, индекс тональности	35	0,522	0,593
Порядковая логит-модель, сигнал о направлении	41	0,612	0,519
Порядковая логит-модель, решение и индекс	50	0,746	0,438
Порядковая логит-модель, решение и сигнал	46	0,687	0,401
Порядковая логит-модель, все переменные	50	0,746	0,413

Источник: расчёт автора; модели оценивались с расширяющимся окном по данным до прогнозного заседания

Прогноз вне выборки уточняет полученный результат (табл. 2). В период с 25 снижениями, 24 сохранениями и 18 повышениями ставки ни одна модель не превзошла правило сохранения текущего решения по доле верных классификаций (0,761). Добавление индекса тональности к текущему решению ухудшило обе меры качества: оценка Брайера выросла с 0,415 до 0,438. Модель с текущим решением и сигналом дала наименьшую оценку Брайера 0,401 при доле верных классификаций 0,687. Расхождение двух мер связано с характером сигнала: он повышает вероятность изменения ставки в том же направлении, и при максимизации вероятности модель чаще прогнозирует продолжение цикла, чем оно фактически происходило (12 ложных прогнозов изменения ставки против 8 у модели только с текущим решением). Вероятностная оценка при этом точнее, поскольку сигнал отделяет ситуации, в которых противоположное решение практически исключено.

Отдельный разбор 35 заседаний, на которых направление решения сменилось, показывает границу сведений, содержащихся в сигнале. Из 17 переходов от сохранения ставки к её изменению в восьми случаях предшествующий пресс-релиз уже содержал сигнал того же направления, в девяти сигнал был нулевым, противоположных сигналов не было. К первой группе относятся пресс-релизы 26 октября 2018 г. и 7 июня 2024 г. перед повышениями, 26 апреля 2019 г. перед снижением. Из 17 пауз после изменения ставки девять наступили при сигнале, указывавшем на продолжение движения в прежнем направлении, и восемь – при нулевом сигнале. Единственный разворот от повышения непосредственно к снижению (пресс-релиз 16 декабря 2014 г.) сигналом не сопровождался. Среди 16 смен направления в прогнозный период модель со всеми переменными верно классифицировала одну. Для заявлений Федеральной резервной системы значение тональности оказалось выше вблизи поворотных точек цикла ставки [13]; в пресс-релизах Банка России ни словарный индекс, ни сигнал не позволили классифицировать большинство таких точек. Следовательно, сигнал Банка России сообщает направление следующего изменения ставки и заранее отмечает часть переходов к новому циклу, но не сообщает, на каком заседании изменение будет приостановлено.

Эти результаты уточняют возможности текстового моделирования решений Банка России. Корреляция общей тональности пресс-релиза со следующим решением не означает, что текст содержит дополнительные сведения о политике: в изученном корпусе такая корреляция объясняется инерцией решений. Для построения прогностического показателя требуется отделять формулы о будущих действиях от обоснования текущего решения, что соответствует разграничению сообщений о будущей политике и о текущей экономической ситуации в коммуникациях Федеральной резервной системы [7]. Вероятностный прогноз с таким сигналом дополняет оценку ожиданий рынка, по которой измеряется неожиданность решений [1] [4], а устойчивость формулировок сигнала от заседания к заседанию связана с тем, что изменение текста само по себе становится новостью для рынка [15].

Заключение

На корпусе из 108 пресс-релизов Банка России 2014–2026 гг. установлено, что словарный индекс тональности связан с направлением следующего решения по ключевой ставке, но эта связь передаётся через текущее решение: при его учёте коэффициент индекса незначим, а информационный критерий не улучшается.

Дополнительные к текущему решению сведения о следующем заседании содержатся в формулах, где регулятор допускает дальнейшее повышение или снижение ставки. Такой сигнал значим в порядковой логит-модели, уменьшает вероятностную ошибку прогноза вне выборки (оценка Брайера 0,401 при 0,478 у наивного правила инерции решений) и практически исключает шаг ставки в противоположную сторону: подобный шаг последовал один раз после 64 ненулевых сигналов. Момент паузы сигнал не отражает, поэтому по доле верных классификаций модели с ним уступают правилу, повторяющему текущее решение.

Литература
1. Абдурахманов М.И. Оценка предсказуемости решений Банка России по ключевой ставке и информационного преимущества в ее прогнозировании // Вопросы экономики. 2024. № 4. С. 70-91. DOI: 10.32609/0042-8736-2024-4-70-91
2. Телегин О.В. Регулярные коммуникации Банка России и краткосрочные эффекты волатильности на финансовых рынках // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 2 (54). С. 130-155. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-54-2-7
3. Evstigneeva A., Sidorovskiy M. Assessment of the clarity of Bank of Russia monetary policy communication by neural network approach // Russian Journal of Money and Finance. 2021. Vol. 80. No. 3. Pp. 3-33. DOI: 10.31477/rjmf.202103.03
4. Tishin A. Monetary policy surprises in Russia // Russian Journal of Money and Finance. 2019. Vol. 78. No. 4. Pp. 48-70. DOI: 10.31477/rjmf.201904.48
5. Korhonen I., Nuutilainen R. Breaking monetary policy rules in Russia // Russian Journal of Economics. 2017. Vol. 3. No. 4. Pp. 366-378. DOI: 10.1016/j.ruje.2017.12.004
6. Лысенко Г.В., Полбин А.В. Правило Тейлора в России в период инфляционного таргетирования // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2023. Т. 58. № 1. С. 22-44. DOI: 10.55959/msu0130-0105-6-58-1-2
7. Hansen S., McMahon M. Shocking language: Understanding the macroeconomic effects of central bank communication // Journal of International Economics. 2016. Vol. 99. Suppl. 1. Pp. S114-S133. DOI: 10.1016/j.jinteco.2015.12.008
8. Picault M., Renault T. Words are not all created equal: A new measure of ECB communication // Journal of International Money and Finance. 2017. Vol. 79. Pp. 136-156. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2017.09.005
9. Apel M., Blix Grimaldi M., Hull I. How much information do monetary policy committees disclose? Evidence from the FOMC's minutes and transcripts // Journal of Money, Credit and Banking. 2022. Vol. 54. No. 5. Pp. 1459-1490. DOI: 10.1111/jmcb.12885
10. Shapiro A.H., Wilson D.J. Taking the Fed at its word: A new approach to estimating central bank objectives using text analysis // The Review of Economic Studies. 2022. Vol. 89. No. 5. Pp. 2768-2805. DOI: 10.1093/restud/rdab094
11. Успаева М.Г., Гачаев А.М. Макроэкономические факторы и долгосрочные премии за риск в арбитражном ценообразовании активов на основе моделей с гетерогенными агентами и неполнотой рынков // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 7. С. 93-102.
12. Baranowski P., Bennani H., Doryń W. Do the ECB's introductory statements help predict monetary policy? Evidence from a tone analysis // European Journal of Political Economy. 2021. Vol. 66. Art. 101964. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2020.101964
13. Hubert P., Labondance F. The signaling effects of central bank tone // European Economic Review. 2021. Vol. 133. Art. 103684. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2021.103684
14. Baranowski P., Doryń W., Łyziak T., Stanisławska E. Words and deeds in managing expectations: Empirical evidence from an inflation targeting economy // Economic Modelling. 2021. Vol. 95. Pp. 49-67. DOI: 10.1016/j.econmod.2020.12.003
15. Ehrmann M., Talmi J. Starting from a blank page? Semantic similarity in central bank communication and market volatility // Journal of Monetary Economics. 2020. Vol. 111. Pp. 48-62. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2019.01.028

Modelling the direction of Bank of Russia key rate changes based on a tone index of the regulator's official communications

Evdokimov A.I.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

A Bank of Russia press release issued after a Board meeting both justifies the key rate decision and conveys the regulator's view of future policy. The paper asks which part of the text informs about the next decision beyond the current one. The data comprise 108 press releases published between 14 February 2014 and 11 September 2026. Each release receives a dictionary-based tone index (the normalised difference between hawkish and dovish expressions) and a separately coded explicit signal of a possible rate increase or cut. The next decision is modelled with an ordered logit on 107 release–decision pairs and forecast out of sample with an expanding window for 67 meetings. The tone index correlates with the next decision (Spearman coefficient 0.548), yet becomes insignificant once the current decision is controlled for ($p = 0.216$). The explicit signal stays significant ($p = 0.002$) and lowers the AIC from 170.3 to 162.2. Out of sample, the current decision plus the signal gives a Brier score of 0.401 versus 0.478 for repeating the current decision, although the hit rate is lower (0.687 versus 0.761). The overall tone of a release mainly restates the rationale for the decision already made. Predictive content is concentrated in the explicit signal: after 64 non-zero signals the opposite decision followed only once, but nine of 17 pauses after a rate change followed releases still pointing to further moves, so the signal shows the direction of the next change, not its timing.

Keywords: key rate, Bank of Russia, tone index, forward guidance, ordered logit model, out-of-sample forecast.

References
1. Abdurakhmanov M.I. Assessing the predictability of the Bank of Russia decisions on the key rate and informational advantage in its forecasting // Voprosy Ekonomiki. 2024. No. 4. Pp. 70-91. DOI: 10.32609/0042-8736-2024-4-70-91
2. Telegin O.V. Bank of Russia regular communications and volatility short-term effects in financial markets // Journal of the New Economic Association. 2022. No. 2 (54). Pp. 130-155. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-54-2-7
3. Evstigneeva A., Sidorovskiy M. Assessment of the clarity of Bank of Russia monetary policy communication by neural network approach // Russian Journal of Money and Finance. 2021. Vol. 80. No. 3. Pp. 3-33. DOI: 10.31477/rjmf.202103.03
4. Tishin A. Monetary policy surprises in Russia // Russian Journal of Money and Finance. 2019. Vol. 78. No. 4. Pp. 48-70. DOI: 10.31477/rjmf.201904.48
5. Korhonen I., Nuutilainen R. Breaking monetary policy rules in Russia // Russian Journal of Economics. 2017. Vol. 3. No. 4. Pp. 366-378. DOI: 10.1016/j.ruje.2017.12.004
6. Lysenko G.V., Polbin A.V. Taylor rule in Russia in the period of inflation targeting // Moscow University Economics Bulletin. 2023. Vol. 58. No. 1. Pp. 22-44. DOI: 10.55959/msu0130-0105-6-58-1-2
7. Hansen S., McMahon M. Shocking language: Understanding the macroeconomic effects of central bank communication // Journal of International Economics. 2016. Vol. 99. Suppl. 1. Pp. S114-S133. DOI: 10.1016/j.jinteco.2015.12.008
8. Picault M., Renault T. Words are not all created equal: A new measure of ECB communication // Journal of International Money and Finance. 2017. Vol. 79. Pp. 136-156. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2017.09.005
9. Apel M., Blix Grimaldi M., Hull I. How much information do monetary policy committees disclose? Evidence from the FOMC's minutes and transcripts // Journal of Money, Credit and Banking. 2022. Vol. 54. No. 5. Pp. 1459-1490. DOI: 10.1111/jmcb.12885
10. Shapiro A.H., Wilson D.J. Taking the Fed at its word: A new approach to estimating central bank objectives using text analysis // The Review of Economic Studies. 2022. Vol. 89. No. 5. Pp. 2768-2805. DOI: 10.1093/restud/rdab094
11. Uspaeva M.G., Gachaev A.M. Macroeconomic factors and long-term risk premia in arbitrage asset pricing based on models with heterogeneous agents and incomplete markets // Voprosy Prirodopolzovaniya. 2025. Vol. 4. No. 7. Pp. 93-102.
12. Baranowski P., Bennani H., Doryn W. Do the ECB's introductory statements help predict monetary policy? Evidence from a tone analysis // European Journal of Political Economy. 2021. Vol. 66. Art. 101964. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2020.101964
13. Hubert P., Labondance F. The signaling effects of central bank tone // European Economic Review. 2021. Vol. 133. Art. 103684. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2021.103684
14. Baranowski P., Doryn W., Lyziak T., Stanislawska E. Words and deeds in managing expectations: Empirical evidence from an inflation targeting economy // Economic Modelling. 2021. Vol. 95. Pp. 49-67. DOI: 10.1016/j.econmod.2020.12.003
15. Ehrmann M., Talmi J. Starting from a blank page? Semantic similarity in central bank communication and market volatility // Journal of Monetary Economics. 2020. Vol. 111. Pp. 48-62. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2019.01.028

Применение методов многокретериальной оптимизации и смешанно-целочисленного программирования для планирования инспекционного контроля на промышленных предприятиях

Костиневич Андрей Витальевич
студент, факультет вычислительной техники, Пензенский государственный университет, andreykoccc@gmail.com,

Костиневич Виталий Вячеславович
к.т.н., доцент кафедры «Техносферная безопасность», Пензенский государственный университет, kostinevich@mail.ru

Цель исследования заключается в оценке эффективности гибридной модели оптимального распределения инспекторов промышленной безопасности на основе метода анализа иерархий и смешанно-целочисленного линейного программирования. Для достижения поставленной цели проведены вычислительные эксперименты по оптимальному распределению инспекторов между пятью промышленными предприятиями с учетом уровня производственного риска, логистических издержек, квалификационного профиля и временных ограничений. Гипотеза исследования состоит в том, что интеграция весовых коэффициентов многокритериальной оценки в целевую функцию оптимизационной модели позволяет минимизировать совокупные издержки и квалификационные несоответствия при полном соблюдении нормативных ограничений. По результатам моделирования обеспечен 100 %-й охват объектов контроля с индексами стоимости назначений от 0,065 до 0,319 при полном соблюдении ограничений по рабочему времени инспекторов. Распределение инспекторов определялось совокупным влиянием уровня производственного риска, логистических затрат, специализации инспекторов и требований к специальным допускам, при этом ограничения по допускам исключали недопустимые назначения. Полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу и свидетельствуют о применимости разработанного подхода для построения прототипов систем поддержки принятия решений в сфере контроля промышленной безопасности.

Ключевые слова: промышленная безопасность, инспекционный контроль, распределение ресурсов, метод анализа иерархий, смешанно-целочисленное линейное программирование, многокритериальная оптимизация, оценка производственного риска, система поддержки принятия решений.

Обеспечение высокого уровня промышленной безопасности и эффективный контроль соблюдения требований охраны труда остаются одними из ключевых задач современной промышленности. По мере усложнения структуры производственных комплексов и увеличения числа поднадзорных объектов традиционные подходы к распределению инспекторских ресурсов, основанные на экспертных оценках и регламентных процедурах, становятся менее эффективными, поскольку не всегда позволяют комплексно учитывать уровень производственного риска, логистические затраты, квалификацию инспекторов и ресурсные ограничения. В связи с этим возрастает актуальность применения риск-ориентированных методов распределения инспекторского состава, основанных на математическом моделировании.

Перспективным направлением решения данной задачи является использование систем поддержки принятия решений (СППР), объединяющих методы многокритериального анализа и математической оптимизации. Интеграция метода анализа иерархий (AHP) и смешанно-целочисленного линейного программирования (MILP) позволяет формализовать процесс распределения инспекторов между объектами контроля на основе совокупности критериев, включающих уровень производственного риска предприятий, логистические затраты, квалификационное соответствие инспекторов, требования к специальным допускам и ограничения по рабочему времени. Данный подход способствует снижению влияния субъективных решений и обеспечивает поиск оптимального распределения ресурсов при соблюдении ограничений модели [1, 2].

Для практической реализации предложенного подхода разработана гибридная математическая модель, объединяющая метод анализа иерархий и смешанно-целочисленное линейное программирование. Разработанная модель может использоваться в качестве расчетного ядра перспективных систем поддержки принятия решений, предназначенных для оптимизации распределения инспекторов в сфере промышленной безопасности [1, 3].

Метод анализа иерархий (AHP) представляет собой математический инструмент многокритериального принятия решений, предназначенный для формализации экспертных оценок и определения весовых коэффициентов сравниваемых критериев. В основе метода лежит построение квадратной обратно-симметричной матрицы парных сравнений, элементы которой отражают относительную важность рассматриваемых факторов. Вектор приоритетов определяется по главному собственному вектору матрицы парных сравнений, соответствующему максимальному собственному значению. Для последующих вычислений используется его вещественная часть, после чего выполняется нормализация путем деления каждого элемента на сумму всех компонент. В результате формируется нормированный вектор весовых коэффициентов критериев, используемый при построении целевой функции оптимизационной модели. Для оценки согласованности экспертных суждений рассчитываются индекс согласованности (Consistency Index, CI) и отношение согласованности (Consistency Ratio, CR), определяемое как отношение индекса согласованности к случайному индексу соответствующей размерности. Матрица парных сравнений считается согласованной при выполнении условия $CR<0{,}10$, что подтверждает допустимость использования полученных весовых коэффициентов в дальнейших процедурах оптимизации [1].

Смешанно-целочисленное линейное программирование представляет собой метод математической оптимизации, применяемый для решения задач дискретного выбора и распределения ресурсов при наличии линейной целевой функции и системы линейных ограничений. В рамках разрабатываемого подхода формируется множество бинарных переменных, отражающих факт назначения конкретного инспектора на соответствующий объект контроля. Коэффициенты целевой функции представляют собой скалярные индексы стоимости, рассчитываемые как взвешенная линейная комбинация предварительно нормализованных матриц частных критериев: логистических расходов, индексов квалификационного несоответствия, длительности проверок и трансформированных показателей производственного риска [2].

Система ограничений математической модели включает три ключевых блока. Во-первых, задаются линейные равенства, гарантирующие назначение ровно одного инспектора на каждый поднадзорный объект. Во-вторых, формулируются линейные неравенства, ограничивающие суммарную продолжительность назначенных проверок для каждого инспектора установленным лимитом рабочих дней. В-третьих, посредством задания жестких интервальных границ искомых переменных фиксируются нулевые значения для недопустимых комбинаций, блокируя назначение специалистов, не обладающих требуемым специальным допуском, на объекты, для которых наличие такого допуска является обязательным. Задача сводится к минимизации линейной целевой функции при соблюдении условий целочисленности искомых переменных, решение которой осуществляется с использованием оптимизационного решателя HiGHS, поддерживающего решение задач смешанно-целочисленного линейного программирования [2, 4].

Для проведения вычислительного эксперимента на основе данных программного комплекса сформирован тестовый сценарий, включающий три профильные группы инспекторов и пять поднадзорных промышленных предприятий.

Исходные параметры инспекционного состава заданы следующими характеристиками:

Инспектор_1: специализация – «Химия», лимит рабочего времени – 10 дней, специальный допуск – имеется;

Инспектор_2: специализация – «Электрика», лимит рабочего времени – 8 дней, специальный допуск – отсутствует;

Инспектор_3: специализация – «Стройка», лимит рабочего времени – 10 дней, специальный допуск – имеется.

Характеристики поднадзорных промышленных объектов включают следующий набор показателей [5]:

«ХимЗавод»: требуемый профиль – «Химия», уровень производственного риска – 9 из 10, продолжительность проверки – 5 дней, удаленность от базы – 120 км, обязательность специального допуска – да;

«Электросеть»: требуемый профиль – «Электрика», уровень производственного риска – 6 из 10, продолжительность проверки – 3 дня, удаленность от базы – 45 км, обязательность специального допуска – нет;

«СтройОбъект»: требуемый профиль – «Стройка», уровень производственного риска – 8 из 10, продолжительность проверки – 4 дня, удаленность от базы – 15 км, обязательность специального допуска – нет;

«Фабрика»: требуемый профиль – «Общий профиль», уровень производственного риска – 2 из 10, продолжительность проверки – 2 дня, удаленность от базы – 10 км, обязательность специального допуска – нет;

«НПЗ_Нефтехим»: требуемый профиль – «Нефтехим», уровень производственного риска – 10 из 10, продолжительность проверки – 5 дней, удаленность от базы – 210 км, обязательность специального допуска – да.

Степень соответствия квалификации оценивалась с помощью матрицы несоответствия специализаций: при точном совпадении профилей индекс равен 0,0; при частичном – 0,2; для объектов общего профиля – от 0,3 до 0,6; при полном расхождении – 0,7-1,0.

При расчете частного критерия логистических затрат учитывались расходы на топливо (10 руб./км в обе стороны), суточные выплаты (700 руб./день) и проживание в гостинице (3000 руб./сутки при удаленности объекта более 50 км).

Результаты работы оптимизационного алгоритма и итоговая загрузка инспекторов представлены на рисунке 1.

```
=== РЕЗУЛЬТАТЫ MILP ОПТИМИЗАЦИИ ===
Инспектор_1 (Химия)  --->  ХимЗавод | Индекс стоимости: 0.0992 | Дней: 5
Инспектор_1 (Химия)  --->  НПЗ_Нефтехим | Индекс стоимости: 0.1196 | Дней: 5
Инспектор_2 (Электрика)  --->  Электросеть | Индекс стоимости: 0.0945 | Дней: 3
Инспектор_3 (Стройка)  --->  СтройОбъект | Индекс стоимости: 0.0651 | Дней: 4
Инспектор_3 (Стройка)  --->  Фабрика | Индекс стоимости: 0.3194 | Дней: 2

=== ИТОГОВАЯ КАЛЕНДАРНАЯ ЗАГРУЗКА ИНСПЕКТОРОВ ===
Инспектор_1 (Химия): Задействовано 10 дн. из макс. лимита 10 дн. [СОБЛЮДЕНО]
Инспектор_2 (Электрика): Задействовано 3 дн. из макс. лимита 8 дн. [СОБЛЮДЕНО]
Инспектор_3 (Стройка): Задействовано 6 дн. из макс. лимита 10 дн. [СОБЛЮДЕНО]
```

Рисунок 1 - Результаты работы оптимизатора MILP и итоговая загрузка инспекторов

Анализ полученного решения позволяет выделить несколько характерных особенностей распределения ресурсов:

Приоритет объектов с высоким уровнем риска: Инспектор_1, обладающий специализацией «Химия» и необходимым специальным допуском, получил назначения на два объекта с наиболее высокими значениями показателя риска - «ХимЗавод» (9) и «НПЗ_Нефтехим» (10). Совокупная продолжительность назначенных проверок составила 10 дней, что соответствует установленному для него максимальному лимиту. Полученное распределение демонстрирует влияние трансформированного показателя риска на структуру оптимального решения.

Соблюдение требований к специальным допускам: Инспектор_2, не имеющий специального допуска, не может быть назначен на «ХимЗавод» и «НПЗ_Нефтехим», поскольку для данных объектов установлен соответствующий обязательный допуск. При этом его итоговая загрузка составила 3 из 8 доступных рабочих дней, поскольку остальные объекты либо имеют более высокую интегральную стоимость назначения для данного инспектора, либо оптимально распределяются между другими специалистами. Таким образом, модель обеспечивает соблюдение заданных требований к квалификационному допуску без введения искусственного ограничения на выравнивание загрузки инспекторов.

Наглядное представление сформированного пространства вариантов назначений обозначено на тепловой карте, приведенной на рисунке 2. Цветовая шкала отражает интегральный индекс стоимости назначения, рассчитанный на основе взвешенной комбинации нормализованных критериев, а маркеры выделяют назначения, вошедшие в оптимальное решение MILP.

Сопоставление выбранных назначений с матрицей стоимостных индексов позволяет раскрыть логику полученного многокритериального решения:

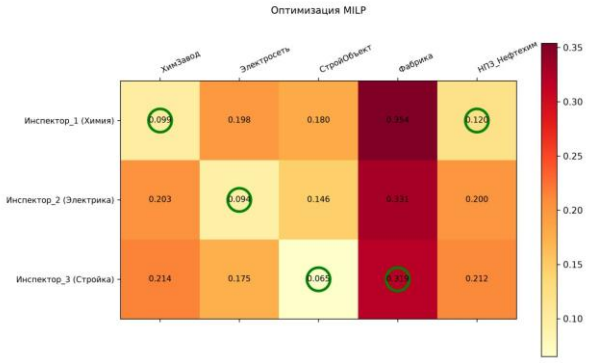


Рисунок 2 - Матрица интегральных индексов стоимости назначений и оптимальное распределение инспекторов

Выбор назначений с низкой интегральной стоимостью: В оптимальное решение вошли назначения с индексами 0,065, 0,094 и 0,099, соответствующие соответственно назначениям Инспектор_3 - «СтройОбъект», Инспектор_2 - «Электросеть» и Инспектор_1 - «ХимЗавод». Это свидетельствует о предпочтительности данных комбинаций с точки зрения совокупного значения учитываемых критериев.

Разрешение конфликта при назначении на «Фабрику»: наиболее высоким среди выбранных назначений является индекс 0,319 для комбинации Инспектор_3 - «Фабрика». Несмотря на сравнительно высокую интегральную стоимость, данное назначение включается в оптимальное решение с учетом всей системы ограничений и конкурирующих вариантов распределения ресурсов. В частности, Инспектор_1 полностью загружен проверками двух объектов с наиболее высокими значениями риска, а назначение Инспектора_2 на «Фабрику» характеризуется еще более высоким интегральным индексом стоимости - 0,331. Таким образом, выбор Инспектора_3 для «Фабрики» является результатом компромисса между частными критериями и ограничениями модели.

Полученные результаты показывают, что разработанная гибридная модель обеспечивает одновременный учет многокритериальных предпочтений и жестких ограничений при распределении инспекторских ресурсов. Все пять поднадзорных объектов получили по одному инспектору, при этом ограничения по продолжительности работ и специальные требования к допускам были полностью соблюдены. Следовательно, для заданного набора исходных данных модель формирует допустимое оптимальное распределение ресурсов, демонстрируя возможность ее использования в качестве расчетного механизма прототипа системы поддержки принятия решений в сфере контроля промышленной безопасности.

Таким образом, разработанная гибридная модель на основе метода анализа иерархий и смешанно-целочисленного линейного программирования доказала свою эффективность в решении задачи риск-ориентированного распределения инспекторов промышленной безопасности. Результаты вычислительного эксперимента полностью подтвердили гипотезу исследования: интеграция многокритериальных весовых коэффициентов в оптимизационный алгоритм позволила минимизировать совокупные издержки и квалификационные несоответствия при безупречном соблюдении всех нормативных ограничений и требований к допускам.

Сформированное математическое ядро создает основу для систем поддержки принятия решений, позволяя органам контроля и службам охраны труда перейти от субъективного планирования к прозрачному оптимизационному управлению ресурсами. Перспективы дальнейших исследований могут быть связаны с адаптацией модели к динамически изменяющимся производственным условиям и ее интеграцией с корпоративными базами данных управления рисками.

Литература

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. с англ. – Р.Г. Вачнадзе – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

2. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2005. – 912 с.: ил. – Парал. тит. англ.

3. Аргучинцев А.В., Шеломенцева Н.Н. Методы принятия решений в многокритериальных задачах. – М.: Лань, 2026. – 84 с.

4. Хуторецкий А. Б., Горюшкин А. А. Математические модели и методы исследования операций. – М.: Лань, 2026. – 204 с.

5. Костиневич В.В. Охрана труда на предприятии. – Пенза, изд-во ПГУ, 2026. – 214 с.

Application of multi-criteria optimization and mixed-integer programming methods for planning inspection and control at industrial enterprises

Kostinevich A.V., Kostinevich V.V.
Penza State University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The objective of the study is to evaluate the effectiveness of a hybrid model for the optimal allocation of industrial safety inspectors based on the Analytic Hierarchy Process and Mixed-Integer Linear Programming. To achieve this goal, computational

experiments were conducted on the optimal distribution of inspectors among five industrial enterprises, considering industrial risk levels, logistics costs, qualification profiles, and time constraints. The research hypothesis posits that integrating multi-criteria evaluation weights into the objective function of the optimization model minimizes total costs and qualification mismatches while fully complying with regulatory constraints. According to the modeling results, 100% coverage of inspection targets was achieved, with assignment cost indices ranging from 0.065 to 0.319, alongside full compliance with working time limits for inspectors. The allocation of inspectors was determined by the combined impact of industrial risk levels, logistics costs, inspector specializations, and security clearance requirements, with clearance constraints effectively eliminating infeasible assignments. The obtained results confirm the proposed hypothesis and demonstrate the applicability of the developed approach for building decision support system prototypes in the field of industrial safety control.

Keywords: industrial safety, inspection oversight, resource allocation, Analytic Hierarchy Process, Mixed-Integer Linear Programming, multi-criteria optimization, occupational risk assessment, decision support system.

References

1. Saaty T. Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. Trans. from English by R.G. Vachnadze. – Moscow: Radio i Svyaz, 1993. – 278 p.
2. Taha, Hamdy A. Operations Research: An Introduction, 7th Edition. Trans. from English. – Moscow: Williams Publishing House, 2005. – 912 p.: ill. – Parallel English title.
3. Arguchintsev A.V., Shelomentseva N.N. Decision-Making Methods for Multi-Criteria Problems. – Moscow: Lan, 2026. – 84 p.
4. Khutoretsky A.B., Goryushkin A.A. Mathematical Models and Methods in Operations Research. – Moscow: Lan, 2026. – 204 p.
5. Kostinevich V.V. Occupational Safety at the Enterprise. – Penza: PSU Publishing House, 2026. – 214 p.

Сравнительный анализ MapReduce-алгоритмов (Hadoop/Spark) для оценки панельных данных

Котин Иван Станиславович
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, kotin2000@mail.ru

В работе представлен сравнительный анализ двух ведущих реализаций парадигмы распределенных вычислений MapReduce – Apache Hadoop и Apache Spark – применительно к задачам эконометрического оценивания на массивных панельных данных. Развитие информационных систем привело к формированию наборов объемом в десятки и сотни гигабайт, обработка которых требует горизонтального масштабирования. Фундаментальное различие между платформами заключается в стратегии управления промежуточными данными: классический Hadoop опирается на жесткую материализацию результатов каждого этапа на дисках (HDFS), что обеспечивает высокую отказоустойчивость для однопроходных ETL-конвейеров, но становится критическим узким местом при итерационных алгоритмах из-за многократного перечитывания данных. В отличие от него, Apache Spark реализует резидентную модель вычислений в оперативной памяти через концепцию устойчивых распределенных наборов данных (RDD) и DataFrame API. Это позволяет кэшировать данные между итерациями, минимизируя дорогостоящий сетевой обмен и дисковый ввод-вывод, что кардинально меняет экономику высокопроизводительных вычислений для методов максимального правдоподобия и численной оптимизации. Существенным фактором практической реализации выступает зрелость экосистемы. Высокоуровневые API Spark SQL, оптимизатор Catalyst и библиотека MLlib значительно снижают трудозатраты на разработку сложных эконометрических моделей по сравнению с низкоуровневым программированием функций map/reduce в Java для Hadoop. Результаты исследования подтверждают тезис о взаимодополняемости платформ: надежность дисковой модели Hadoop сочетается с интерактивностью Spark. Перспективы дальнейших исследований связаны с адаптацией подходов к гетерогенным средам с GPU-ускорителями и разработкой фреймворков автоматической генерации оптимального плана исполнения

Ключевые слова: MapReduce, Hadoop, Spark, DataFrame, SQL, Big Data.

Введение

Развитие информационных финансовых и экономических систем привело к формированию массивов данных, объём которых измеряется миллионами наблюдений, характеризуется панельной (продольной) структурой [7]: каждая единица совокупности наблюдается в течение нескольких последовательных периодов времени. Панельные данные, объединяющие признаки микропеременных (индивидуальные) компоненты и временные (хронологические) компоненты, представляют собой основу для построения широкого класса эконометрических моделей – от классической линейной регрессии с фиксированными эффектами до динамических моделей с инструментальными переменными и многопараметрических моделей стохастических границ. Традиционные средства статистического анализа, функционирующие в рамках модели «одна машина – одна память», сталкиваются с принципиальными ограничениями при обработке панельных данных объёмом порядка десятков и сотен гигабайт. Во-первых, ограничение объёма оперативной памяти не позволяет разместить матрицу плана целиком. Во-вторых, время последовательных вычислений, требуемых для обращения матриц размерности, сопоставимой с числом единиц наблюдений, становится недопустимо большим. В-третьих, процедуры предобработки (очистка, заполнение пропусков, масштабирование признаков) [4, 5], предшествующие оцениванию, сами по себе требуют многократного обхода данных. Парадигма MapReduce, предложенная в начале 2000-х годов и реализованная в открытой экосистеме Hadoop, а затем существенно усовершенствованная в рамках вычислительного движка Apache Spark, предоставляет механизм горизонтального масштабирования вычислений на кластер из тысяч узлов.

Принципиальной особенностью данной парадигмы является декомпозиция вычислительной задачи на две стадии – map, на которой исходные записи преобразуются в промежуточные пары «ключ-значение», и reduce, на которой промежуточные значения, сгруппированные по ключам, агрегируются в итоговый результат. Такая схема оказывается естественной для целого класса задач оценивания, сводящихся к вычислению сумм, свёрток и рекуррентных агрегатов, лежащих в основе методов наименьших квадратов и методов максимального правдоподобия. Целью настоящей работы является сравнительный анализ возможностей и ограничений двух ведущих реализаций парадигмы MapReduce – Hadoop и Apache Spark.

Парадигма MapReduce и её реализации

Базовая модель Hadoop MapReduce

Классическая модель MapReduce, реализованная в Hadoop, определяет вычисление через пару функций, задаваемых пользователем: $map\colon (k, v) \to \{(k'_j, v'_j)\}_{j=1}^{m}$, $reduce\colon (k', \{v'_1, \dots, v'_{m'}\}) \to (k'', v'')$. Выполнение задачи заключается в следующих фазах:

чтение входных блоков с распределённой файловой системы HDFS и применение функции map к каждой записи;

сортировка и перемешивание промежуточных пар по ключу с распределением групп между узлами-редьюсерами;

применение функции reduce к каждой группе и запись результата обратно в HDFS.

Ключевой характеристикой классической модели является материализация промежуточных данных на диске между стадиями [3]. Каждое выполнение задачи map образует локальную сортировку, после которой данные передаются по сети в редьюсеры, где вновь сортируются и затем обрабатываются. Для задачи, требующей L проходов по данным (таких как итерационные процедуры), общий объём дискового ввода-вывода и сетевого трафика растёт пропорционально L, что при больших L делает использование Hadoop MapReduce крайне неэффективным.

Модель Apache Spark

Apache Spark развивает парадигму MapReduce, вводя концепцию устойчивого распределённого набора данных (Resilient Distributed Dataset, RDD) и его неявной формы - DataFrame. В отличие от Hadoop, Spark выполняет вычисления «в памяти»: промежуточные данные не материализуются на диск между стадиями, если их объём умещается в оперативной памяти кластера. Это достигается введением направленного ациклического графа вычислений, который планировщик исполняет с удержанием промежуточных партиций в памяти. Для итерационных алгоритмов, при которых одна и та же выборка данных многократно проходится на каждой итерации, разница становится определяющей. Если в Hadoop каждая итерация требует перечитывания исходных данных с диска и повторного перешивания, то в Spark исходный набор, может быть, один раз распределён по узлам и «закэширован» в памяти; последующие итерации работают только с кэшированными партициями без обращения к диску и минимизируют сетевые передачи. Формально, если стоимость одного прохода через функцию map-reduce в Hadoop равна C_H (включая дисковый ввод-вывод и перемешивание), а в Spark стоимость кэшированной итерации равна C_S, то суммарная стоимость L итераций:

$$C_H(L) = L * C_H$$
$$C_S(L) = C_S^{(0)} + L * C_S,$$

где $C_S^{(0)}$ - однократная стоимость распределения и кэширования данных. Поскольку практически $C_S < C_H$ (в соотношении, зависящем от отношения пропускной способности диска к пропускной способности оперативной памяти), при достаточно большом L выполняется $C_S(L) < C_H(L)$, что и определяет преимущество Spark для итерационных алгоритмов.

Сравнительная характеристика архитектур

Таблица 1
Сравнение Hadoop MapReduce и Apache Spark.

Критерий	Hadoop	Apache Spark
Модель исполнения	Линейная	Граф
Промежуточные данные	Материализуются на диск HDFS	Кэшируются в памяти
Устойчивость к сбоям	Перезапуск редьюсеров с диска	Пересчет потерянной партиции
Шифтинг	Сортировка и дисковое перемещение	Network shuffle с возможностью агрегации
Число проходов по данным	Один проход	Множество итераций

Сопоставление архитектурных особенностей двух реализаций представлено в таблице 1. Из таблицы следует, что Hadoop и Spark не являются взаимозаменяемыми в общем. случае: выбор инструментария должен определяться характером вычислительной задачи.

Для количественного сравнения введём модель затрат, учитывающую четыре компонента: стоимость дискового ввода-вывода, стоимость передачи данных по сети, стоимость вычислений и накладные расходы на планирование. Пусть единицей измерения служит стоимость обработки одного байта в операциях условного эталонного кластера. Обозначим через c_d удельную стоимость дискового ввода-вывода, c_n- удельную стоимость передачи байта по сети, c_p – удельную стоимость вычисления в расчёте на операцию, а c_o - фиксированные накладные расходы на запуск одной стадии. Для задачи, требующей L проходов по данным объема V с объемом перемешивания V_{sh}, суммарные затраты в Hadoop оцениваются как $C_H(L) = L\big(Vc_d + V_{sh}c_n + nc_p\big) + Lc_o^H$,в то время как затраты в Spark при условии полного удержания данных в памяти $C_S(L) = Vc_d^0 + L\big(Vc_m + V_{sh}^{iter}c_n + nc_p\big) + Lc_o^S$ где c_m – удельная стоимость работы с байтом в оперативной памяти, c_d^0 - однократная стоимость первичной загрузки, V_{sh}^{iter} - объём перемешивания на итерацию. Поскольку выполняются соотношения $c_m \ll c_d$ и $V_{sh}^{iter} \le V_{sh}$, разность затрат линейно растёт с числом итераций:

$$C_H(L) - C_S(L) =$$
$$L\big[V(c_d - c_m) + \big(V_{sh} - V_{sh}^{(iter)}\big)c_n + \big(c_o^{(H)} - c_o^{(S)}\big)\big] - Vc_d^{(0)}$$

Уравнение $C_H(L) = C_S(L)$ определяет пороговое число проходов

$$L^* = \frac{Vc_d^0}{V(c_d - c_m) + \big(V_{sh} - V_{sh}^{iter}\big)c_n + \Delta c_o}$$

При $L > L^*$ Spark вычислительно оправдан; при $L < L^*$ - более рационально использование Hadoop при условии низких накладных расходов на планирование $c_o^H < c_o^S$. Полученная модель наглядно объясняет качественные выводы: поскольку в современных кластерах отношение c_d/c_m достигает нескольких порядков (диск медленнее оперативной памяти), порог L^* оказывается малым, порядка единиц-десятков итераций. Это означает, что практически всякий итерационный алгоритм оценивания панельных моделей выигрывает от применения Spark, тогда как для строго однопроходных стандартных операций выигрыш незначителен или отсутствует.

Сравнительный анализ производительности

Критерии сравнения

Для объективного сравнения инструментов необходимо зафиксировать семейство показателей: (1) время полного исполнения задачи t_{total}; (2) объём дискового ввода-вывода V_{disk}; (3) объём сетевого трафика V_{net}; (4) коэффициент масштабируемости ξ; (5) накладные расходы на планирование. Коэффициент масштабируемости определяется отношением ускорения к числу узлов:

$$\xi = \frac{t_{total}(1)}{t_{total}(P)} * \frac{1}{P},$$

где $t_{total}(1)$ – время исполнения на одном узле, $t_{total}(P)$ – на P узлах. При идеальной масштабируемости $\xi = 1$; на практике $0 < \xi < 1$, поскольку коммуникационные издержки и дисбаланс растут с числом узлов.

Результаты теоретического анализа

Для однопроходной задачи суммарное время в Hadoop определяется стоимостью чтения данных с диска, их перемешивания и записи результатов:

$$t_H = \frac{V_{disk}}{W_{disk}} + \frac{V_{net}}{W_{net}} + O_H,$$

где W_{disk}, W_{net} – пропускные способности дискового и сетевого каналов соответственно, O_H- накладные расходы на запуск задач. Для того же объёма данных в Spark при условии полного размещения в памяти

$$t_S = \frac{V_{mem}}{W_{mem}} + \frac{V_{net}}{W_{net}} + O_S,$$

где W_{mem} – пропускная способность оперативной памяти, V_{mem} – объём передаваемых в память данных. Поскольку $W_{mem} \gg W_{disk}$, даже в однопроходных задачах Spark при прочих равных обеспечивает выигрыш по времени за счёт устранения дискового ввода-вывода, однако этот выигрыш частично нивелируется более высокими накладными расходами на планирование графов ($O_S > O_H$) и необходимостью первичной загрузки и сериализации данных.

В итерационных задачах разница усиливается. Формально суммарное время для числа итераций L:

$$t_H(L) = L\left(\frac{V_{disk}}{W_{disk}} + \frac{V_{net}}{W_{net}}\right) + L * O_H + t_{load}^{(H)},$$
$$t_S(L) = L\left(\frac{V_{mem}}{W_{mem}} + \frac{V_{net}^{(iter)}}{W_{net}}\right) + L * O_S + t_{load}^{(S)},$$

где $V_{net}^{(iter)}$ – объём перемешивания на итерации (в общем случае меньше полного объёма данных). Анализ этих соотношений показывает, что при $L > 10 \div 20$ критическим становится слагаемое $L * \frac{V_{disk}}{W_{disk}}$, отсутствующее в выражении для Spark, что обеспечивает последнему доминирование.

Рекомендации по выбору инструментария

Существенным фактором, влияющим на практический выбор инструмента, является наличие высокоуровневых библиотек, сокращающих трудозатраты на реализацию распределённого оценивания. Экосистема Hadoop, помимо реализации MapReduce, предлагает набор инструментов, в частности пакет программ для машинного обучения Mahout, который, однако, исторически ограничен поддержкой ограниченного перечня алгоритмов и не содержит специализированных средств эконометрического оценивания. Вследствие этого реализация моделей панельных данных в Hadoop требует ручного написания функций map и reduce, а также управления планированием промежуточных заданий.

Экосистема Spark предоставляет более развитые средства: Scala/Python API, язык запросов Spark SQL поверх DataFrame, а также библиотеку машинного обучения MLlib [9]. Высокоуровневое выражение вычислений через SQL-агрегации и операции реляционного соединения сопровождается автоматической оптимизацией плана исполнения (Catalyst optimizer), которая способна устранять избыточные перемешивания, сворачивать фиксированные операции и использовать широковещательные соединения при малом размере эталонной таблицы. В Hadoop аналогичная оптимизация возможна лишь вручную, что увеличивает трудоёмкость и риск ошибок при построении конвейера. Наличие готовых библиотечных примитивов делает Spark предпочтительным инструментом с точки зрения скорости разработки и сопровождения специфических эконометрических конвейеров. При этом для стандартных, хорошо формализуемых потоков обработки и наличия опытной команды, работающей с дисковой моделью, Hadoop сохраняет конкурентоспособность за счёт простоты и предсказуемости конечного плана исполнения.

Проведённый анализ позволяет сформулировать практические критерии выбора платформы Hadoop MapReduce иили Spark:

Простота задачи и дефицит памяти: если оценивание сводится к одному или немногим проходам по данным, а кластер не имеет избыточных ресурсов оперативной памяти, Hadoop MapReduce остаётся надёжным выбором. Он обеспечивает предсказуемые профили нагрузки на дисковую подсистему. [6]

Итерационность и кэширование: если процедура оценивания итерационна, а объём данных умещается в суммарную оперативную память кластера, предпочтителен Spark. Он сокращает число обращений к диску и сетевому перемешиванию за счёт эффективного кэширования RDD и DataFrame.

Большие данные: если объём данных существенно превышает суммарную память кластера, необходимо применять гибридные стратегии. К ним относятся использование уровня персистентности MEMORY_AND_DISK со стратегией пересчёта в Spark либо переход к потоковой обработке (Spark Streaming) для обновляемых панелей.

Помимо базовых критериев, следует учитывать особенности структуры данных и инфраструктуры:

Неравномерная нагрузка (Data Skew): для панелей с сильным перекосом по числу наблюдений целесообразно предварительное выравнивание нагрузки посредством составных ключей независимо от выбранного инструмента.

Коммуникационные издержки: при доминирующей роли расходов на перемешивание данных в кластере с медленной сетью следует оценивать пороговое число итераций L^*. Правило выбора инструмента зависит от величины фактического числа итераций L относительно порога L^*.

Гибридная архитектура: при построении сложного конвейера оценивания рекомендуется разделять однопроходные и итерационные этапы. Этапы центрирования исходных переменных и построения агрегатов эффективнее выполнять в Hadoop (или в однопроходном Spark-проходе), тогда как последующие итерационные этапы оптимизации — в Spark с кэшированием полученных остатков.

Заключение

Проведенное в настоящей работе комплексное исследование архитектурных особенностей, вычислительных моделей и практических сценариев применения двух ведущих реализаций парадигмы распределенных вычислений Hadoop MapReduce и Apache Spark.

Во-первых, фундаментальное различие между рассматриваемыми платформами заключается не столько в самой идее декомпозиции задачи на этапы map и reduce, сколько в стратегии управления промежуточными данными. Классический Hadoop опирается на жесткую материализацию результатов каждого этапа на дисках распределенной файловой системы (HDFS). Данная архитектура обеспечивает высочайшую отказоустойчивость и предсказуемость профилей нагрузки на подсистему хранения, что делает ее надежным фундаментом для построения ETL-конвейеров и строго однопроходных аналитических задач [2]. Однако при решении итерационных алгоритмов, характерных для методов максимального правдоподобия или численной оптимизации функции потерь в моделях с фиксированными и случайными эффектами, эта особенность становится критическим узким местом. Многократное перечитывание данных с медленного дискового массива приводит к экспоненциальному росту времени выполнения и сетевого трафика.

Во-вторых, переход от дисково-ориентированной модели Hadoop к резидентной модели вычислений в оперативной памяти, реализованной в Apache Spark через концепцию устойчивых распределенных наборов данных (RDD) и DataFrame API, кардинально меняет экономику высокопроизводительных вычислений.

В-третьих, анализ масштабируемости продемонстрировал, что преимущество Spark усиливается нелинейно с ростом числа узлов кластера за счет минимизации дорогостоящего сетевого перемешивания на каждой итерации. Тем не менее, данное преимущество не является абсолютным. При обработке массивов данных [1], объем которых существенно превышает суммарную оперативную память доступных вычислительных узлов (сценарий Big Data out-of-core), эффективность Spark может снижаться из-за частой подкачки страниц памяти на диск. В таких условиях гибридные стратегии персистентности (уровень MEMORY_AND_DISK) или разделение конвейера обработки становятся необходимыми мерами. Проведенный формальный вывод порога эффективности показал, что окончательный выбор платформы должен базироваться на сопоставлении удельной стоимости операций ввода-вывода диска, пропускной способности сети и накладных расходов планировщика ресурсов (YARN против собственного менеджера Spark).

В-четвертых, существенным фактором практической реализации является зрелость экосистемы прикладных библиотек. Экосистема Hadoop исторически ориентирована на низкоуровневое управление потоками данных, что требует от исследователя написания трудоемких функций map и reduce на языке Java, увеличивая риск ошибок при реализации специфических эконометрических формул. Напротив, высокоуровневые API Spark (Scala, Python/PySpark, R/SparkR) [8] в сочетании со встроенным оптимизатором Catalyst и библиотекой MLib предоставляют готовую среду для прототипирования и промышленного развертывания сложных моделей. Возможность декларативного описания агрегатов через Spark SQL автоматически устраняет избыточные операции shuffle и использует широковещательные соединения для малых таблиц измерений, что значительно снижает трудозатраты на разработку без потери производительности исполняемого кода.

Таким образом, результаты исследования подтверждают тезис о том, что Hadoop и Spark являются не конкурирующими альтернативами, а взаимодополняющими компонентами современной архитектуры обработки больших данных. Будущее моделирования лежит в плоскости их синергетического использования, где надежность дисковой модели первого сочетается с интерактивностью и скоростью резидентной модели второго. Перспективы дальнейших исследований видятся в адаптации рассмотренных подходов к гетерогенным вычислительным средам, включающим ускорители (GPU) для тензорных вычислений, а также в разработке специализированных фреймворков автоматической генерации оптимального DAG-плана для заданного класса структурных эконометрических уравнений.

Литература

1. Губин Е.И. Методика подготовки больших данных для прогнозного анализа // Наука и бизнес: Пути развития. 2020. № 3 (105). С. 27–31. URL: globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/105/sb-3(105) -2020-main.pdf?ysclid=mttpihd56g469647141
2. Битченков Д.И., Злобина М.С., Ермаков С.Г. Ключевые проблемы внедрения ETL/ ELT-процессов и методы их преодоления // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 3 (43). С. 41-48. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klyuchevye-problemy-vnedreniya-etl-elt-protsessov-i-metody-ih-preodoleniya/viewer.
3. Документация Apache Software Foundation. Hadoop MapReduce Tutorial (версия 3.4). – URL: https://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapReduceTutorial.html?ref=blog.min.io (дата обращения: 06.09.2026).
4. Массарон Л., Банахевич К. Книга Kaggle. Машинное обучение и анализ данных /Л. Массарон, К. Банахевич: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2024. — 448 с.: URL: https://djvu.online/file/uqY9iOQFZHSen?ysclid=mttq7uf0zs858272278.
5. Марков А.И. «Big Data: технологии обработки больших данных». – Москва: Наука, 2021. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-tehnologii-dlya-obrabotki-bolshih-dannyh/viewer.
6. Томас Эртл. «Большие данные и облачные вычисления». – СПб: Питер, 2020. URL: https://naukamirowozreniya.ru/public/202504/application/1744921819465506841/kompyuternye-tehnologii-dlya-obrabotki-bolshih-dannyh.pdf
7. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data. — 7th ed. — Springer Texts in Business and Economics, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-53953-5. URL: https://www.sci-hub.ru/10.1007/978-3-030-53953-5?ysclid=mttppxfg30944067851
8. Karau H., Konwinski A., Wendell P., Zaharia M. Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analytics. — 3rd ed. — O'Reilly Media, 2023. — 342 p. URL: https://cs.famaf.unc.edu.ar/~damian/tmp/bib/Learning_Spark_Lightning-Fast_Big_Data_Analysis.pdf

Comparative Analysis of MapReduce Algorithms (Hadoop/Spark) for Panel Data Estimation

Kotin I.S.
Saint-Petersburg State University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This paper presents a comparative analysis of the two leading implementations of the MapReduce distributed computing paradigm—Apache Hadoop and Apache Spark—applied to econometric estimation tasks on massive panel datasets. The evolution of information systems has led to datasets ranging in size from tens to hundreds of gigabytes, the processing of which requires horizontal scaling. The fundamental difference between the platforms lies in their intermediate data management strategies: classic Hadoop relies on rigid materialization of the results of each stage to disk (HDFS), which ensures high fault tolerance for single-pass ETL pipelines but becomes a critical bottleneck in iterative algorithms due to repeated data rereading. In contrast, Apache Spark implements an in-memory computing model via the Resilient Distributed Dataset (RDD) concept and the DataFrame API. This allows data to be cached between iterations, minimizing costly network shuffles and disk I/O, which fundamentally transforms the economics of high-performance computing for maximum likelihood methods and numerical optimization. A significant factor in practical implementation is ecosystem maturity. Spark's high-level APIs (Spark SQL, the Catalyst optimizer, and the MLlib library) considerably reduce development effort for complex econometric models compared to low-level map/reduce function programming in Java for Hadoop. The findings support the thesis of platform complementarity: Hadoop's disk-based reliability pairs with Spark's interactivity. Future research directions include adapting these approaches to heterogeneous environments with GPU accelerators and developing frameworks for automatic optimal execution plan generation.

Keywords: MapReduce, Hadoop, Spark, DataFrame, SQL, Big Data.

References

1. Gubin E.I. Methodology of big data preparation for predictive analysis // Science and business: Ways of development. 2020. No. 3 (105). pp. 27-31. URL: globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/105/sb-3 (105) -2020-main.pdf?ysclid=mttpihd56g469647141
2. Bitchenkov D.I., Zlobina M.S., Ermakov S.G. Key problems of implementing ETL/ELT technologies and methods of their application // Intelligent technologies. technology in transport. 2025. Number 3 (43). pp. 41-48. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klyuchevye-problemy-vnedreniya-etl-elt-protsessov-i-metody-ih-preodoleniya/viewer.
3. Introduction to the Apache Software Foundation. Hadoop MapReduce Manual (version 3.4). – URL: https://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapReduceTutorial.html?ref=blog.min.io (date of reference: 09/06/2026).
4. Masaron L., Banashevich K. A book to read. Machine learning and data analysis / L. Massaron, K. Banakhevich: Translated from English — St. Petersburg: BV-Peter, 2024. — 448 p.: URL: https://djvu.online/file/uqY9iOQFZHSen?ysclid=mttq7uf0zs858272278.
5. Markov A.I. "Big data: big data processing technologies". – Moscow: Nauka Publ., 2021. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-tehnologii-dlya-obrabotki-bolshih-dannyh/viewer.
6. Thomas Ertl. "Big Data and cloud computing." – St. Petersburg: Peter, 2020. URL: https://naukamirowozreniya.ru/public/202504/application/1744921819465506841/kompyuternye-tehnologii-dlya-obrabotki-bolshih-dannyh.pdf
7. Baltagi B.B. Astronomical data analysis. — 7th ed. - Springer Texts in Business and Economics, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-53953-5. URL: https://www.sci-hub.ru/10.1007/978-3-030-53953-5? ysclid=mttppxfg30944067851
8. Karau H., Konunsky A., Wendell P., Zachariah M. The Spark of Learning: an international analysis of big books. — 3rd ed. — O'Reilly Media, 2023. - 342 p. URL: https://cs.famaf.unc.edu.ar /~damian/tmp/bib/Learning_Spark_Lightning-Fast Big Data Analysis.pdf

Разработка и анализ матричных структур для оптимизации хранения и обработки типовых конфигурационных данных в учетно-управленческих системах 1с

Попова Виктория Алексеевна
ассистент кафедры алгебраических и информационных систем, Иркутский государственный университет; ассистент кафедры высшей математики, Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, victoryuropova1@gmail.com

Достоверность экономической информации предприятия во многом определяется надежностью учетно-управленческих систем, значительная часть которых в России построена на платформе «1С:Предприятие». В работе рассматривается задача эффективного хранения и обработки типовых конфигурационных данных 1С – сведений о типах, порождаемых объектами метаданных, и о правилах их совместимости, используемых инструментами статического анализа. Показано, что плотные матрицы совместимости размерности |T|×|T| неприемлемы для крупных конфигураций, поскольку объем памяти растет квадратично.
Предложена факторизованная матричная структура (ФМС), включающая разбиение типов на классы по виду и роли, компактную матрицу классов над алфавитом {0, 1, δ} и разреженное множество исключений; проверки составных типов сведены к операциям булевой матричной алгебры. Вычислительный эксперимент на моделях конфигураций от 500 до 10 000 объектов показал, что объем ФМС не превышает 0,3 МБ против 1,1 ГБ для битовой и 182 МБ для разреженной (CSR) матрицы, а проверка крупных составных типов ускоряется на два порядка. Предложена модель оценки экономического эффекта от применения структуры.
Ключевые слова: 1С:Предприятие, типовые конфигурационные данные, матрица типовой совместимости, факторизованная матричная структура, разреженные матрицы, булева матричная алгебра, составные типы, статический анализ, экономические информационные системы, экономическая эффективность.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-11-00348).

Введение

Учетно-управленческие системы на платформе «1С:Предприятие» используются для ведения бухгалтерского, налогового и управленческого учета, расчета заработной платы, управления закупками, продажами и производством. Ошибки в программном коде таких систем непосредственно отражаются на достоверности экономической информации: искажают учетные данные и отчетность, вызывают простои бизнес-процессов и прямые финансовые потери. Стоимость исправления ошибки, обнаруженной при эксплуатации, значительно превышает стоимость ее устранения на этапе разработки [1–4, 18], поэтому инструментальные средства статического анализа имеют не только техническое, но и экономическое значение.

В предыдущих работах автора [5–11] предложен подход к статической проверке типов для встроенного языка «1С:Предприятия», основанный на «Дереве типов конфигурации» (ДТК) и матрицах типовой совместимости, задающих допустимость операций для каждой пары типов. При переходе к крупным конфигурациям узким местом становится хранение самих типовых данных. Каждый объект метаданных порождает несколько типов: справочник «Контрагенты» – типы СправочникСсылка.Контрагенты, СправочникОбъект.Контрагенты, СправочникМенеджер.Контрагенты, СправочникВыборка.Контрагенты и СправочникСписок.Контрагенты. В результате для конфигурации из 5000 объектов плотное хранение четырех матриц совместимости требует более 2 ГБ оперативной памяти.

Цель работы – разработка и анализ матричных структур, обеспечивающих компактное хранение и быструю обработку типовых конфигурационных данных 1С без потери точности проверки, а также оценка экономического эффекта от их применения.

Типовые конфигурационные данные и постановка задачи

Под типовыми конфигурационными данными понимается совокупность сведений о типах конфигурации, используемых анализатором кода [15]: ДТК [5], описания типов реквизитов и параметров (в том числе составных), матрицы совместимости операций и таблицы результирующих типов. Обозначим через T множество типов конфигурации, через T_P – множество встроенных типов платформы, через n_v – число объектов вида $v \in V$ (справочники, документы, регистры и т. д.), через r_v – число типов, порождаемых одним объектом вида v (роли «Ссылка», «Объект», «Менеджер» и т. п.). Тогда

$$|T| = |T_P| + \sum_{v \in V} r_v n_v. \qquad (1)$$

Для каждой операции op из множества O задается матрица $M_{op}: T \times T \to \{0,1\}$. При плотном хранении (1 байт на элемент) и при битовой упаковке объем составляет

$$V_{\text{плот}} = |O| \cdot |T|^2, \quad V_{\text{бит}} = \frac{|O| \cdot |T|^2}{8}. \qquad (2)$$

Поскольку r_v в среднем близко к пяти, при 10 000 объектов $|T| \approx 48\,000$, и даже битовая упаковка четырех матриц требует около 1,1 ГБ. Кроме того, структура хранения должна обеспечивать постоянное время проверки пары типов, проверку составных типов без перебора всех пар и обновление при изменении метаданных без полного перестроения.

Структурные свойства матриц совместимости

Если упорядочить типы в порядке обхода ДТК в глубину, то типы одного вида и роли (например, СправочникСсылка.*) образуют непрерывный интервал номеров, а матрица распадается на блоки трех видов (рис. 1, а): нулевые (операция недопустима, например сложение ссылок), единичные (допустима для любой пары, например сравнение на равенство ссылок разных видов для реквизита «Регистратор») и диагональные, или δ-блоки (допустима только для совпадающих типов, например присваивание ссылки реквизиту, типизированному ссылкой на конкретный справочник). Помимо блоков встречаются немногочисленные нерегулярные правила – исключения. Заполненность матриц сильно различается: матрица сложения содержит единицы лишь в нескольких элементах, а матрица равенства – плотный блок ссылочных типов. Поэтому универсальные разреженные форматы [13, 14] эффективны только для части матриц.

Факторизованная матричная структура

Пусть K – множество классов типов (пар «вид – роль» и отдельных встроенных типов), $c: T \to K$ – отображение типа в класс, $k = |K|$. ФМС для операции op задается тройкой (c, C_{op}, E_{op}), где $C_{op}: K \times K \to \{0,1,\delta\}$ – матрица классов, $E_{op} \subset T \times T$ – множество исключений. Элемент исходной матрицы восстанавливается по правилу

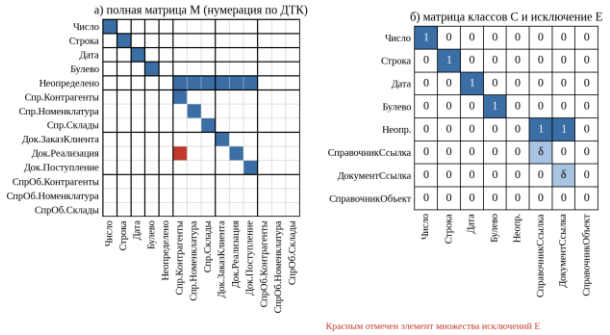


Рис. 1. Блочная структура матрицы совместимости операции присваивания: а) полная матрица; б) матрица классов

$$M_{op}[i,j] = [C_{op}[c(i),c(j)] = 1] \vee ([C_{op}[c(i),c(j)] = \delta] \wedge [i = j]) \vee [(i,j) \in E_{op}], \quad (3)$$

где $[\cdot]$ – индикатор истинности условия (рис. 1, б). Отображение c общее для всех операций и хранится массивом 16-разрядных номеров классов длиной $|T|$; элемент матрицы классов кодируется двумя битами, исключения хранятся в хеш-множестве. Объем ФМС в байтах составляет

$$V_{\text{ФМС}} = 2|T| + \frac{|O| \cdot k^2}{4} + 16 \sum_{op \in O} |E_{op}|. \quad (4)$$

Первое слагаемое линейно по числу типов, второе не зависит от размера конфигурации (число классов – несколько сотен), третье пропорционально числу нерегулярных правил: квадратичная зависимость от $|T|$ заменяется линейной. Алгоритм проверки пары типов (рис. 2) выполняется за постоянное время: два обращения к массиву классов, одно – к матрице классов, целиком помещающейся в кэш процессора, и при необходимости одно – к хеш-множеству. Структура встраивается в матричный движок анализатора [8–10] через ту же функцию проверки совместимости, что и плотная матрица.

```
Функция Совместимы(ФМС, Операция, i, j)
    МатрицаКлассов = ФМС.МатрицыКлассов[Операция];
    v = МатрицаКлассов[ФМС.Класс[i]][ФМС.Класс[j]];
    Если v = 1 Тогда
        Возврат Истина;          // единичный блок
    ИначеЕсли v = 2 И i = j Тогда
        Возврат Истина;          // δ-блок, типы совпадают
    КонецЕсли;
    Ключ = i * ФМС.ЧислоТипов + j;
    Возврат ФМС.Исключения[Операция].Получить(Ключ) <> Неопределено;
КонецФункции
```

Рис. 2. Проверка совместимости пары типов в ФМС

Обработка составных типов

Реквизиты в 1С могут иметь составной тип; реквизиты вида «Регистратор» и определяемые типы включают сотни ссылочных типов. Представим составной тип булевым вектором $x \in \{0,1\}^{|T|}$ и обозначим через $\otimes$ булево произведение матрицы на вектор: $(M \otimes y)_i = \bigvee_j (M_{ij} \wedge y_j)$. Три режима проверки – допустимость хотя бы одной комбинации типов ($\exists\exists$), строгая проверка ($\forall\forall$) и проверка присваивания, когда каждый тип значения должен быть допустим хотя бы для одного типа приемника ($\forall\exists$), – записываются так:

$$\exists\exists: x^T \otimes M \otimes y = 1, \forall\forall: x^T \otimes \neg M \otimes y = 0, \forall\exists: x \wedge \neg(M \otimes y) = 0. \quad (5)$$

На плотной матрице это требует $O(|x| \cdot |y|)$ операций. В ФМС вектор y проецируется на классы: $\hat{y}_c = \bigvee_{i:\, c(i)=c} y_i$, и с учетом (3)

$$(M \otimes y)_i = (C_{op} \otimes \hat{y})_{c(i)} \vee (d_{c(i)} \wedge y_i) \vee (E_{op} \otimes y)_i, \quad (6)$$

где в произведении $C_{op} \otimes \hat{y}$ элементы δ считаются нулевыми, $d_c = [C_{op}[c,c] = \delta]$. Трудоемкость составляет $O(|y| + k \cdot |\hat{y}| + |x| \cdot log|y|)$, где $|\hat{y}|$ – число различных классов (как правило, единицы), т. е. определяется числом классов, а не числом типов; это соответствует выражению алгоритмов на графах через линейную алгебру над булевым полукольцом [16].

Рассмотрим пример (рис. 3). Здесь x = {ДокументСсылка.ЗаказКлиента, ДокументСсылка.ВозвратТоваров}, y = {ДокументСсылка.ЗаказКлиента, ДокументСсылка.РеализацияТоваров}, проекция $\hat{y}$ = {ДокументСсылка}, а C_{ASSIGN}[ДокументСсылка, ДокументСсылка] = δ. Тип ЗаказКлиента входит в y и допустим; тип ВозвратТоваров в y не входит и исключений для него нет, поэтому формируется диагностическое сообщение (рис. 4).

Инкрементальное обновление

В плотном представлении добавление объекта вида v требует перевыделения памяти и копирования $O(|T|^2)$ элементов каждой матрицы. В ФМС оно сводится к добавлению r_v элементов в массив классов, т. е. выполняется за $O(r_v)$: новый тип наследует правила своего класса. Непрерывность интервалов сохраняется двухуровневой адресацией (класс, локальный номер) без перенумерации типов. Изменение правила для класса сводится к изменению одного элемента C_{op}. Для конфигурации из 10 000 объектов ФМС занимает менее 300 КБ и может храниться в кэше проекта 1С:EDT [12].

```
// Реквизит «Основание» документа ПоступлениеОплаты имеет составной тип:
//   ДокументСсылка.ЗаказКлиента, ДокументСсылка.РеализацияТоваров
Процедура ЗаполнитьОснование(ДокументОбъект, Источник)
    // Выведенный тип параметра Источник: ДокументСсылка.ЗаказКлиента,
    //                                    ДокументСсылка.ВозвратТоваров
    ДокументОбъект.Основание = Источник;
КонецПроцедуры
```

Рис. 3. Присваивание значения составного типа

```
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТИПИЗАЦИИ: присваивание значения составного типа
Местоположение: Модуль документа "ПоступлениеОплаты", строка 6
Приемник: реквизит Основание
  Допустимые типы: ДокументСсылка.ЗаказКлиента,
                   ДокументСсылка.РеализацияТоваров
Типы значения, недопустимые для приемника:
  • ДокументСсылка.ВозвратТоваров
Правило: C_ASSIGN[ДокументСсылка, ДокументСсылка] = δ
        (совместимы только совпадающие типы)
Проверено классов: 1, типов: 2
```

Рис. 4. Сгенерированный диагностический отчет

Вычислительный эксперимент

Модель конфигурации включает 400 встроенных типов платформы и десять видов объектов: справочники, документы, планы видов характеристик и счетов порождают по пять типов, перечисления – три, регистры сведений – семь, регистры накопления – шесть, обработки, отчеты и константы – по два. Доли видов: справочники – 30 %, документы – 15 %, перечисления – 15 %, регистры сведений – 20 %, регистры накопления – 6 %, обработки – 7 %, отчеты – 4,5 %, прочие – 2,5 %; всего $k = 442$ класса. Рассматривались матрицы сложения, сравнения, равенства и присваивания (для последней генерировались исключения в количестве 0,2 % от числа объектов). Сравнивались плотная матрица, битовая упаковка, формат CSR [14] и ФМС. Корректность ФМС проверена сравнением с плотной матрицей на 10^6 случайных пар для всех операций при размерах до 2000 объектов; расхождений не выявлено. Результаты по памяти приведены в табл. 1 и на рис. 5.

Таблица 1
Объем памяти для хранения четырех матриц совместимости, МБ

Число объектов	Число типов |T|	Плотная	Битовая	CSR	ФМС
500	2 791	29,7	3,71	0,536	0,195
1 000	5 185	102,6	12,8	1,97	0,200
2 000	9 970	379,2	47,4	7,53	0,209
5 000	24 325	2 257,2	282,1	45,9	0,236
10 000	48 250	8 880,9	1 110,1	181,9	0,282

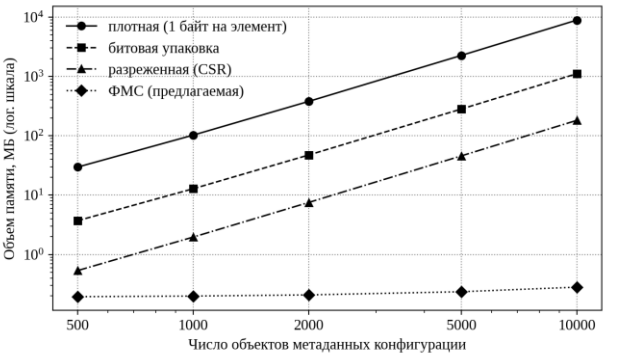


Рис. 5. Зависимость объема памяти от размера конфигурации

Объем ФМС практически постоянен (0,195–0,282 МБ); основная его часть приходится на матрицы классов. Для 10 000 объектов выигрыш составляет более 31 000 раз по сравнению с плотной матрицей, около 3900 раз – с битовой и около 640 раз – с CSR; последний проигрывает из-за плотного блока матрицы равенства (около 38 млн ненулевых элементов). Временные характеристики (Python 3.12 / NumPy 2.4, одноядерная виртуальная машина, минимум по серии запусков) приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2
Временные характеристики операций с матрицей равенства, мс

Операция	Формат	500 объектов	1 000 объектов	2 000 объектов
Построение из правил	Плотная	36,2	137,3	427,1
	ФМС	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Добавление объекта	Плотная	2,1	8,1	24,2
	ФМС	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Проверка 10^6 пар типов	Плотная	7,0	7,7	17,5
	Битовая	10,8	9,9	11,1
	CSR	16,8	18,1	19,9

Операция	Формат	500 объектов	1 000 объектов	2 000 объектов
	ФМС	7,9	8,0	7,7

Таблица 3
Время проверки присваивания составного типа (режим ∀∃, 2000 объектов), мс

Число типов в составном типе	Плотная	ФМС	Отношение
10	0,007	0,054	0,13
100	0,050	0,079	0,63
1 000	3,77	0,070	54
1 230 (все ссылочные типы)	5,75	0,050	115

Построение и обновление ФМС выполняются на несколько порядков быстрее, чем плотной матрицы. Время пакетной проверки пар для ФМС не зависит от размера конфигурации, тогда как для плотной матрицы оно растет из-за промахов кэша. Для матрицы присваивания с исключениями ФМС пока уступает плотной (38,1 мс против 21,0 мс на 10^6 проверок); разрыв может быть сокращен хранением признака наличия исключений в блоке. Для небольших составных типов плотная матрица выигрывает за счет меньших накладных расходов, а при сотнях типов ФМС быстрее в 50–115 раз, поэтому целесообразен гибридный режим: формула (3) для малых составных типов, формула (6) – для крупных.

Оценка экономического эффекта

Применение ФМС дает эффект по двум направлениям: снижение затрат на вычислительные ресурсы и снижение затрат на исправление ошибок, которые без анализа типов были бы обнаружены только при эксплуатации. Годовой эффект оценивается выражением

$$Э = Э_{инф} + Э_{ош} = N_р \cdot \Delta V \cdot c_V + N_{ош} \cdot (c_э - c_р), \qquad (7)$$

где $N_р$ – число рабочих мест и серверов непрерывной интеграции, выполняющих анализ; ΔV – сокращение потребности в памяти на одно место (по табл. 1 – более 2 ГБ при 5000 объектов для плотного хранения); c_V – удельная годовая стоимость памяти; $N_{ош}$ – число ошибок типизации в год, выявляемых при разработке; $c_э$ и $c_р$ – средняя стоимость исправления ошибки при эксплуатации и при разработке [1, 18]. Основной вклад, как правило, вносит второе слагаемое: при плотном хранении анализ крупных конфигураций на рабочем месте разработчика практически невыполним, и ФМС снимает это ограничение. Параметры модели определяются по данным предприятия: журналам инцидентов, трудозатратам на сопровождение и стоимости инфраструктуры.

Сравнение с существующими подходами и ограничения

Битовая упаковка сохраняет квадратичную асимптотику; разреженные форматы [13, 14] не учитывают блочную структуру; двоичные решающие диаграммы [17] компактны, но их размер зависит от порядка переменных, а операции сложнее в реализации. ФМС использует априорное знание о системе типов платформы, и каждое решение анализатора прослеживается до элемента матрицы классов или исключения. Эффективность ФМС снижается при большом числе нерегулярных правил; кроме того, результаты получены на синтетических моделях, и их подтверждение на реальных конфигурациях является предметом дальнейшей работы.

Заключение

Предложена факторизованная матричная структура для хранения и обработки типовых конфигурационных данных учетно-управленческих систем 1С, основанная на разбиении типов на классы, матрице классов над алфавитом {0, 1, δ} и множестве исключений. Получены формулы проверки простых и составных типов в терминах булевой матричной алгебры. Показано, что объем памяти ФМС растет линейно с малым коэффициентом (0,28 МБ против 1,1 ГБ для битовой матрицы при 10 000 объектов), обновление выполняется за время, пропорциональное числу добавляемых типов, а проверка крупных составных типов ускоряется на два порядка. Модель оценки экономического эффекта показывает, что основная выгода связана с возможностью применять статический анализ к крупным системам и выявлять ошибки до ввода в эксплуатацию. Перспективы работы – апробация на реальных конфигурациях с оценкой эффекта по данным предприятий и распространение подхода на таблицы результирующих типов.

Литература

1. Коданев В. Л., Федин Ф. О., Грачёва Е. В. Технология интеграции и тестирования автоматизированных систем // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 10. С. 100-104.
2. Раджабова Ф. М. Алгоритмы обнаружения и исправления ошибок в программном коде // Актуальные вопросы современной экономики. – 2025. – № 4. – С. 791-793.
3. Цифровые технологии в решении проблем современности: монография / Р. С. Зарипова, Ю. С. Валеева, Ю. Н. Смирнов [и др.]. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. 298 с.
4. Абрикосов К., Попова В. А. Статическая типизация в веб-приложениях на Node.js: процесс внедрения и выявление ошибок несоответствия типов // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2023. № 2(18). С. 23-32.
5. Балюк А. С., Попова В. А. Разработка программного комплекса для конвертации конфигурации платформы "1С:Предприятие" в UML-модель // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. № 4. С. 137-145.
6. Balyuk A. S., Popova V. A. Static type-checking for programs developed on the platform 1C:Enterprise // CEUR Workshop Proceedings : 4, Irkutsk, 14 September 2021. Irkutsk, 2021. P. 101-111.
7. Попова В. А. Улучшение качества программного обеспечения на платформе «1С:Предприятие» при помощи статической проверки типов // Комбинаторные и вероятностные свойства дискретных структур : Сборник научных трудов. Иркутск : Иркутский государственный университет, 2025. С. 87-92.
8. Попова В. А. Разработка инструментов для автоматического нахождения ошибок статической проверки типов в конфигурациях "1С:Предприятия" // Новые информационные технологии в образовании : Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции, Москва, 30–31 января 2024 года. Москва: ООО "1С-Паблишинг", 2024. С. 184-186.
9. Попова В. А. Разработка правил для выявления ошибок несоответствия типов выражений в языке программирования "1С: Предприятие" // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2023) : материалы 5-й Международной конференции, Иркутск, 18–23 сентября 2023 года. Иркутск: Иркутский государственный университет, 2023. С. 169-172.
10. Попова, В. А. Проектирование механизма статического анализа для выявления ошибок несоответствия типов в программах на динамических языках программирования // Динамические системы и компьютерные науки: теория и приложения (DYSC 2022) : Материалы 4-й Международной конференции, Иркутск, 19–22 сентября 2022 года. Иркутск: Иркутский государственный университет, 2022. С. 142-145.
11. Попова, В. А. Применение методики статического анализа для выявления ошибок в программах на динамических языках программирования // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2022. № 2(19). С. 26-31.
12. 1C:Enterprise Development Tools. URL: https://its.1c.ru/db/edtdoc (дата обращения: 09.11.2025).
13. Писсанецки С. Технология разреженных матриц / пер. с англ. М.: Мир, 1988. 410 с.
14. Saad Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. 2nd ed. Philadelphia: SIAM, 2003. 528 p.
15. Ахо А. В., Лам М. С., Сети Р., Ульман Дж. Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий. 2-е изд. М.: Вильямс, 2008. 1184 с.
16. Kepner J., Gilbert J. (eds.) Graph Algorithms in the Language of Linear Algebra. Philadelphia: SIAM, 2011.
17. Bryant R. E. Graph-Based Algorithms for Boolean Function Manipulation // IEEE Transactions on Computers. 1986. Vol. C-35, No. 8. P. 677–691.
18. Boehm B. W. Software Engineering Economics. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981. 767 p.

Development and analysis of matrix structures for optimizing storage and processing of configuration type data in 1c accounting and management systems

Popova V.A.
Irkutsk State University, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The reliability of an enterprise's economic information largely depends on its accounting and management systems, a significant share of which in Russia are built on the 1C:Enterprise platform. The paper addresses efficient storage and processing of 1C configuration type data, i.e. information about the types generated by metadata objects and about their compatibility rules used by static analysis tools. It is shown that dense |T|×|T| compatibility matrices are infeasible for large configurations, since memory consumption grows quadratically.

A factorized matrix structure (FMS) is proposed, comprising a partition of types into classes by kind and role, a compact class matrix over the alphabet {0, 1, δ}, and a sparse set of exceptions; checks for composite types are reduced to Boolean matrix algebra operations. A computational experiment on configuration models with 500 to 10,000 objects showed that the FMS takes at most 0.3 MB, compared with 1.1 GB for a bit-packed and 182 MB for a sparse CSR matrix, while checks of large composite types are accelerated by two orders of magnitude. A model for estimating the economic effect of the structure is proposed.

Keywords: 1C:Enterprise, configuration type data, type compatibility matrix, factorized matrix structure, sparse matrices, Boolean matrix algebra, composite types, static analysis, economic information systems, economic efficiency.

References

1. Kodanev V. L., Fedin F. O., Gracheva E. V. Technology of integration and testing of automated systems // Modern High-Tech Technologies. 2024, no. 10, pp. 100-104.
2. Radzhabova F. M. Algorithms for detection and correction of errors in program code // Topical Issues of Modern Economics. 2025, no. 4, pp. 791-793.
3. Zaripova R. S., Valeeva Yu. S., Smirnov Yu. N. [et al.]. Digital Technologies in Solving Contemporary Problems: monograph. Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2023. 298 p.
4. Abrikosov K., Popova V. A. Static typing in Node.js web applications: implementation process and detection of type mismatch errors // Information Technologies and Mathematical Modeling in the Control of Complex Systems. 2023, no. 2(18), pp. 23-32.
5. Balyuk A. S., Popova V. A. Development of a software package for converting the "1C:Enterprise" platform configuration into a UML model. // Bulletin of the Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis and Management. 2021, no. 4, pp. 137-145.

Экономически рациональный уровень затрат на наблюдаемость в ИТ-компаниях: предельный анализ и внутренняя цена информации

Соколов Дмитрий Михайлович
аспирант, базовая кафедра цифровой экономики Института развития информационного общества, Высшая школа кибертехнологий, математики и статистики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, sokdep@yandex.ru

Актуальность исследования обусловлена тем, что выбор уровня наблюдаемости относится к задачам распределения ограниченных ресурсов фирмы между затратами на предотвращение потерь и ожидаемым ущербом от операционного риска. Затраты несёт подразделение эксплуатации, а выгоду получают бизнес-подразделения, относящиеся к другим центрам ответственности, поэтому уровень выбирается эвристически либо по остаточному принципу и систематически занижается. Целью исследования является разработка экономико-математической модели оптимизации решения о затратах на наблюдаемость, связывающей конфигурацию сбора телеметрии с денежными потерями от инцидентов, и определение экономически рационального уровня наблюдаемости и условий его реализуемости внутри фирмы. Задача сформулирована как минимизация суммы ожидаемых потерь от инцидентов и затрат на наблюдаемость по показателю покрытия. Применены микроэкономическое моделирование спроса, предельный анализ, сравнительная статика, теневые цены, трансфертное ценообразование, спецификация эконометрической идентификации, численная калибровка и метод Монте-Карло. Условие возрастания удельной стоимости минуты простоя сведено к неравенству, проверяемому по телеметрии и данным о клиентах. Раннее обнаружение образует самостоятельный канал выгоды с собственной теневой ценой, не вытекающий из выпуклости потерь. Эластичность задержек по расходам не зависит от уровня цен и при неустранимом минимуме немонотонна по покрытию; выведено правило проверки бюджета по измеримым величинам. Внутренняя цена информации устраняет недоинвестирование. Иллюстративная калибровка, не являющаяся оценкой на производственных данных, даёт рациональное покрытие 0,589, сокращение среднего времени устранения (включая обнаружение) с 60,0 до 22,2 минуты и экономию 76,1 % по сравнению с нулевым покрытием, а на канал обнаружения приходится 32,8 % предельной выгоды. Следующим шагом станет эмпирическое оценивание модели.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, оптимизационная модель, оптимизация принятия решений, предельный анализ, затраты на наблюдаемость, стоимость простоя, операционный риск, эластичность, теневая цена, трансфертное ценообразование, эконометрическая идентификация, микросервисные архитектуры.

Введение

Под наблюдаемостью понимается способность определять состояние информационной системы по телеметрии: метрикам, журналам событий и трассировкам запросов. Выбор её уровня — частный случай распределения ограниченных ресурсов фирмы между затратами на предотвращение потерь и ожидаемым ущербом. Затраты несёт подразделение эксплуатации, а выгода реализуется в бизнес-подразделениях. В экономике информационной безопасности такое расхождение стимулов известно как источник недоинвестирования (ср. [1]), и без внутренней цены информации (о трансфертных ценах см. [2]) бюджет назначается по остаточному принципу. Время реакции на инцидент, цена которого растёт с усложнением микросервисных архитектур, измеряют средним временем обнаружения (англ. mean time to detect, MTTD) и средним временем устранения (англ. mean time to resolve, MTTR); второй показатель включает время обнаружения и далее называется временем восстановления. Совокупные издержки C_{total} складываются из потерь от инцидентов и затрат на наблюдаемость C_{obs} и минимизируются по конфигурациям сбора телеметрии *cfg*:

$$C_{\text{total}}(cfg) = C_{\text{loss}}(\text{MTTD}(cfg), \text{MTTR}(cfg)) + C_{\text{obs}}(cfg) \to \min_{cfg}. \quad (1)$$

Постановка (1) служит лишь рамкой анализа, и ни существование оптимума, ни пересчёт сокращения MTTR в деньги по постоянной удельной стоимости минуты простоя новизны не составляют.

Целью исследования является разработка экономико-математической модели оптимизации решения о затратах на наблюдаемость и определение экономически рационального уровня наблюдаемости. Объектом исследования являются процессы управления инцидентами в ИТ-компаниях с микросервисной архитектурой, рассматриваемых как экономические системы, предметом — соотношение предельных затрат на телеметрию и предельного сокращения ожидаемого ущерба, эластичность задержек и распределение выгоды между центрами ответственности. Применены микроэкономическое моделирование спроса, предельный анализ, сравнительная статика, теневые цены, трансфертное ценообразование, спецификация эконометрической идентификации, численная калибровка и метод Монте-Карло. Работа соответствует пп. 3, 4, 8 и 14 паспорта научной специальности 5.2.2.

Научная новизна состоит в следующем: 1) возрастание удельной стоимости минуты простоя выведено из поведения спроса и сведено к проверяемому условию; 2) раннее обнаружение образует самостоятельный канал выгоды с собственной теневой ценой; 3) эластичность задержек по расходам не зависит от уровня цен и при неустранимом минимуме немонотонна по покрытию; 4) выведена внутренняя (пигувианская) цена информации, устраняющая клин недоинвестирования. Числовые значения получены в иллюстративной калибровке в условных единицах (у.е.); эконометрические спецификации задаются, но не оцениваются. Статья развивает работу автора [3], где этот компромисс намечен качественно.

Современное состояние исследований

Ближайший аналог — модель рационального уровня расходов на информационную безопасность при убывающей отдаче [4]. В отечественной литературе к теме близки экспертная оценка ущерба по вербальной шкале без денежного выражения при отказе информационной системы [5], методики оценки эффективности и окупаемости таких систем [6] и многоуровневая декомпозиция экономических информационных систем [7]. С конфигурацией сбора телеметрии эти подходы не связаны. Из теории оптимального профилактического обслуживания [8] заимствован тип условия первого порядка, хотя выбирается здесь информационная конфигурация при непостоянной удельной стоимости минуты простоя. Разрыв между носителем затрат и получателем выгоды трактуется в духе многоуровневых экономических информационных систем [9]. Обзор трассировки [10] и методы локализации первопричины [11] денежного результата не дают. Неисследованными остаются кривизна ущерба, выведенная из поведения спроса, различие ценности минут обнаружения и устранения, эластичность задержек как идентифицируемый параметр и механизм децентрализованной реализации рационального уровня.

Потери от инцидента: микромодель и выпуклость

Инцидент рассматривается как реализация операционного риска. Время восстановления T (в среднем MTTR) складывается из времени до обнаружения Δ_f (в среднем MTTD) и времени диагностики и устранения Δ_d и ограничено снизу неустранимым минимумом. При пуассоновском потоке инцидентов (в среднем λ в год) со случайной тяжестью в (1) входят ожидаемые годовые потери $\lambda\mathbb{E}[C_{\text{loss}}]$, где C_{loss} — потери от одного инцидента. Параметры сбора (доля сервисов с телеметрией, частота выборки метрик, доля трассируемых запросов, срок хранения журналов) сводятся в показатель покрытия $s \in [0, 1]$,

заменяющий конфигурацию в (1). Затраты $C_{obs}(s)$ растут с ускорением, поскольку вместе с объёмом хранения растёт поток сигналов, требующих внимания дежурной смены.

Микромодель недополученного дохода. Пусть t — минуты с начала деградации, $\lambda_{tx}(t)$ — поток транзакций, m — маржа на транзакцию; штрафы по соглашению об уровне обслуживания (англ. service level agreement, SLA) учитываются отдельно. Получив отказ, клиент повторяет попытку, откладывает транзакцию (и возвращается к ней с вероятностью δ) или уходит (ср. модели с нетерпеливыми клиентами [12]). Доля ушедших $\alpha(t)$ не убывает и растёт тем быстрее, чем быстрее истощается терпение (параметр ψ); при уходе утрачивается и часть пожизненной ценности клиента (надбавка γ). Повторные попытки увеличивают нагрузку, и без вмешательства доля успешно обслуживаемых запросов $q(t)$ снижается, если спрос не падает ещё быстрее; меры после обнаружения замедляют деградацию. Удельная стоимость минуты простоя равна

$$r(t;\Delta_f) = m\,\lambda_{tx}(t)\big(1 - q(t;\Delta_f)\big)\Pi(t), \qquad \Pi(t) = \alpha(t)(1+\gamma) + (1-\alpha(t))(1-\delta), \tag{2}$$

где множитель потерь на отклонённую транзакцию $\Pi(t)$ не убывает, так как уход дороже откладывания.

Темп изменения удельной стоимости раскладывается на три измеримых слагаемых: темп сезонного спада спроса σ (со знаком минус, по счётчикам запросов), темп углубления деградации g_q (по доле успешных ответов) и темп ухода клиентов g_Π (по данным о клиентах). Условие доминирования деградации над сезонностью (D) составляет вторую часть (3):

$$\frac{r'(t;\Delta_f)}{r(t;\Delta_f)} = -\sigma(t) + g_q(t) + g_\Pi(t); \qquad \text{(D): } \sigma(t) < g_q(t) + g_\Pi(t), \quad t \in (0,T). \tag{3}$$

При (D) удельная стоимость возрастает, а накопленные потери дохода (без ступенчатых штрафов по SLA) строго выпуклы по длительности инцидента; поскольку удельная стоимость положительна, верно и обратное. Выпуклость в модель не закладывается и проверяется как гипотеза. При неубывающем спросе (D) выполняется, если хотя бы один из темпов положителен; нарушить его может падающий спрос, когда деградация и уход клиентов затухают, то есть в конце длительного инцидента или после раннего обнаружения.

Раннее обнаружение как самостоятельный канал выгоды

Минутой устранения назовём дополнительную минуту этапа Δ_d при неизменном моменте обнаружения. Штрафы p_k по SLA за превышение порогов длительности T_k одинаково удорожают её и минуту обнаружения, и выпуклость сама по себе приоритета раннему обнаружению не даёт. Он возникает потому, что после обнаружения деградация останавливается или замедляется. Пусть q_{free} — доля успешно обслуживаемых запросов без вмешательства, θ — доля темпа деградации, сохраняющаяся после обнаружения (θ = 0 при её остановке). Если деградация углубляется, меры после обнаружения её сдерживают (θ < 1), а обнаружение происходит до восстановления, то минута обнаружения дороже минуты устранения на величину

$$\frac{\partial C_{loss}}{\partial \Delta_f} - \frac{\partial C_{loss}}{\partial \Delta_d} = A = (1-\theta)\,m\int_{\Delta_f}^{T}\lambda_{tx}(t)\Pi(t)\big(-q'_{free}(\Delta_f + \theta(t-\Delta_f))\big)\,dt > 0. \tag{4}$$

Здесь A — доход, подверженный риску до восстановления и взвешенный по скорости углубления деградации. Сокращение длительности за счёт раннего обнаружения уже учтено в канале устранения (MTTR включает MTTD), поэтому λA — годовая теневая цена минуты обнаружения сверх цены минуты устранения, а их сумма — полная ценность минуты обнаружения. Надбавка растёт с длительностью устранения, так что вложения в два канала отчасти взаимозаменяемы; при θ = 1 канал обнаружения исчезает.

Предельный анализ, сравнительная статика и идентификация

Подстановка ожидаемых потерь в (1) даёт задачу выбора покрытия; внутренний оптимум s^* удовлетворяет условию первого порядка

$$\mathrm{MB}(s) \equiv -\lambda\frac{\partial \mathbb{E}[C_{loss}]}{\partial \mathrm{MTTR}}\,\mathrm{MTTR}'(s) \;\underbrace{-\lambda A\,\mathrm{MTTD}'(s)}_{\mathrm{MB}_f(s)} = C'_{obs}(s) \equiv \mathrm{MC}(s), \tag{5}$$

где слева — предельная выгода MB, справа — предельные затраты MC. Канал устранения учитывает сокращение MTTR, включая достигнутое ранним обнаружением, а канал обнаружения MB_f — надбавку λA из (4), усреднённую по тяжести инцидентов. Условие второго порядка проверяется численно.

Примем $\mathrm{MTTR} = \mathrm{MTTR}_{floor} + a\,e^{-bs}$ (для MTTD форма та же) и $C_{obs} = k\,s^p$, где k — масштаб цен. Эластичность времени восстановления по расходам E однородна нулевой степени по ценам (от k не зависит) и характеризует технологию. По покрытию она немонотонна, поскольку при малом покрытии 1 % бюджета мало добавляет к покрытию, а вблизи неустранимого минимума расходам поддаётся лишь малая часть задержки. В калибровке модуль E максимален (0,521) при покрытии около 0,88, а в рациональной точке $E = -0{,}461$, поэтому эластичность приводят вместе с покрытием, при котором она оценена. Из (5) вытекает правило проверки бюджета через эластичность ε_L ожидаемых потерь по годовому бюджету наблюдаемости S:

$$|\varepsilon_L| = \left|\frac{\mathrm{d}\ln(\lambda\mathbb{E}[C_{loss}])}{\mathrm{d}\ln s}\right| = \frac{C_{obs}(s^*)}{\lambda\,\mathbb{E}[C_{loss}](s^*)}. \tag{6}$$

В рациональной точке процент сокращения ущерба на процент прироста бюджета равен отношению бюджета к ожидаемому ущербу (в калибровке 1,23), что выявляет недо- или переинвестирование без знания всей модели. Рациональный бюджет равен 13,2 % ожидаемого ущерба при нулевом покрытии, что ниже предела Гордона и Лёба $1/e \approx 36{,}8$ % [4].

Предсказания знаков откликов. При выполненном условии второго порядка рациональное покрытие сдвигается вслед за предельной выгодой (теорема о неявной функции) и растёт с частотой инцидентов и маржой. Только микромодель (через множитель потерь в (2)), но не модели [4, 8], предсказывает рост покрытия с истощением терпения и утратой пожизненной ценности клиента и его снижение с возвратом отложенного спроса. С ростом θ доля канала обнаружения падает. Рост штрафов по SLA повышает покрытие, а влияние сокращения порогов неоднозначно, поэтому знак отклика на ужесточение SLA рассчитан и проверен методом Монте-Карло.

Стратегия идентификации. Отдача расходов убывает с покрытием, поэтому зависимость задержек от покрытия оценивается нелинейно (коэффициент панельной регрессии с фиксированными эффектами дал бы лишь среднюю отдачу). Вариацию расходов, не вызванную аварийностью, выделяет инструмент типа Бартика (внешние сдвиги расходов, взвешенные по исходным долям сервисов) [13]. Рост расходов выявляет прежде незамеченные короткие инциденты и завышает оценку отдачи (смещение отбора по обнаружению), поэтому перечень инцидентов берётся из не зависящих от телеметрии источников, а этот отбор учитывается моделью Хекмана [14].

Клин недоинвестирования и внутренняя цена информации

Задача (1) соответствует оптимуму первого ранга. Если центр затрат (эксплуатация) учитывает лишь долю κ < 1 предельной выгоды, неся все предельные затраты, его покрытие ниже s^* и тем ниже, чем меньше κ. Это отставание назовём *клином недоинвестирования*; его денежная цена равна вызванному им приросту совокупных издержек. Оптимум первого ранга восстанавливает внутренняя (пигувианская) цена информации:

$$p_{info} = \lambda\left|\frac{\partial \mathbb{E}[C_{loss}]}{\partial s}\right|_{s=s^*} = C'_{obs}(s^*). \tag{7}$$

Единица покрытия оценивается по экономии, которую она приносит фирме в рациональной точке, и бизнес-подразделения возмещают эксплуатации не учитываемую ею долю цены (7) (1 − κ); тогда решение центра затрат рационально для фирмы (ср. [2]). При κ = 0,3 покрытие снижается с 0,589 до 0,378, а совокупные издержки превышают рациональные на 26,2 %; внутренняя цена в калибровке равна 10,6 тыс. у.е. в год на процентный пункт покрытия.

Иллюстративная численная калибровка

Базовые значения параметров (расчёт на языке Python, начальное значение генератора 20260627, сценарий предоставляется по запросу): m = 1,0 у.е.; λ_{tx} = 1000 транзакций в минуту; $q_{free}(t) = q_{floor} + (1 - q_{floor})e^{-\theta_q t}$, q_{floor} = 0,05, θ_q = 0,05 мин$^{-1}$; $\alpha(t) = \alpha_{max}(1 - e^{-\psi t})$, α_{max} = 0,60, ψ = 0,03 мин$^{-1}$; γ = 0,50; δ = 0,30; θ = 0; пороги SLA (30; 60; 120) мин при штрафах (5000; 15 000; 40 000) у.е.; MTTR_{floor} = 8,0 мин, a = 52,0 мин, b = 2,2; MTTD той же формы: MTTD_{floor} = 1,5 мин, a_d = 18,0 мин, b_d = 2,8; k = 900 000 у.е./год, p = 1,8, λ = 60 инцидентов в год; $T = \mathrm{MTTR}\cdot\xi$, $\ln\xi \sim \mathcal{N}(-\zeta^2/2, \zeta^2)$, ζ = 0,35; σ ≡ 0.

На сетке до 180-й минуты удельная стоимость строго возрастает, а накопленные потери строго выпуклы (табл. 1, рис. 1). При σ ≡ 0 условие (D) выполняется автоматически, и расчёт позволяет оценить величину кривизны, но не проверяет само условие. Сумма $g_q + g_\Pi$ быстро убывает, поэтому в длительном инциденте или после раннего обнаружения сезонный спад спроса может нарушить (D).

Оптимум в калибровке внутренний (табл. 2, рис. 2). Рациональное покрытие сокращает совокупные издержки на 76,1 % по сравнению с нулевым, полное покрытие обходится на 55,7 % дороже рационального, а на канал обнаружения приходится 32,8 % предельной выгоды.

Сумма темпов опускается ниже 0,01 мин$^{-1}$ при $t \approx 43{,}8$ мин; у.е. — условные единицы

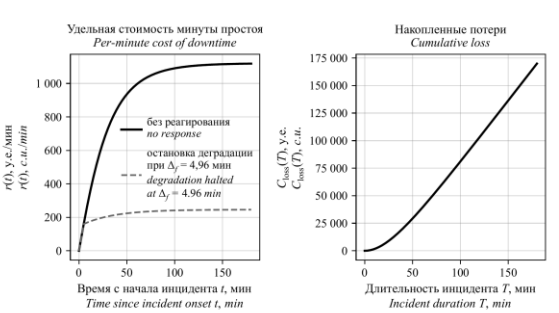


Рис. 1. Слева — r(t), справа — накопленные потери $C_{loss}(T)$ без реагирования и без учёта штрафов по SLA

Таблица 1
Удельная стоимость минуты простоя и темпы, входящие в условие (D)

Минута инцидента t *Incident minute t*	5	15	30	60
$r(t)$, у.е./мин / *c.u./min*	161,1	438,1	726,8	993,6
$r(t)/r(5)$	1,00	2,72	4,51	6,17
$g_q(t)$, мин$^{-1}$ / *min*$^{-1}$	0,1760	0,0448	0,0144	0,0026
$g_{\text{П}}(t)$, мин$^{-1}$ / *min*$^{-1}$	0,0162	0,0105	0,0059	0,0022
$g_q + g_{\text{П}}$, мин$^{-1}$ / *min*$^{-1}$	0,1922	0,0553	0,0203	0,0048

The sum of the rates falls below 0.01 *min*$^{-1}$ *at* $t \approx 43.8$ *min; c.u. stands for conventional units*

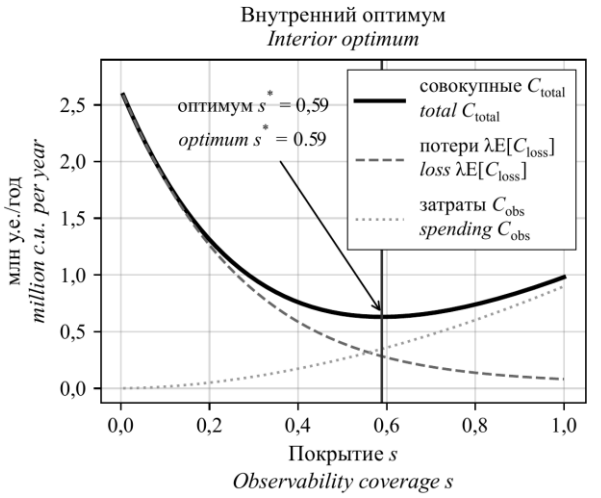


Рис. 2. Декомпозиция совокупных издержек $C_{\text{total}}(s) = \lambda\mathbb{E}[C_{\text{loss}}](s) + C_{\text{obs}}(s)$

Таблица 2
Базовые результаты иллюстративной калибровки

Показатель *Indicator*	Значение *Value*
Рациональное покрытие s^* *Rational coverage* s^*	0,589
MTTD при s^* / при $s \to 0$, мин MTTD *at* s^* */ at* $s \to 0$, *min*	4,96 / 19,5
MTTR при s^* / при $s \to 0$, мин MTTR *at* s^* */ at* $s \to 0$, *min*	22,2 / 60,0
C_{total} при $s \to 0$ / s^* / $s = 1$, млн у.е. C_{total} *at* $s \to 0$ / s^* / $s = 1$, *million c.u.*	2,633 / 0,630 / 0,981
Экономия при s^* / удорожание при $s = 1$ / доля C_{obs} в $C_{\text{total}}(s^*)$, % *Saving at* s^* */ extra cost at* $s = 1$ */ share of* C_{obs} *in* $C_{\text{total}}(s^*)$, *%*	76,1 / 55,7 / 55,1
Надбавка за минуту обнаружения λA / цена минуты устранения, тыс. у.е./год *Detection-minute premium* λA */ resolution-minute price, thousand c.u. per year*	35,9 / 22,8
Отношение полной ценности минуты обнаружения к цене минуты устранения; доля MB$_f$/MB, % *Full value of a detection minute relative to the resolution-minute price; share* MB$_f$/MB, *%*	2,58; 32,8
Эластичность $E(s^*)$; обе части правила (6) *Elasticity* $E(s^*)$*; both sides of rule* (6)	−0,461; 1,23

Однократные изменения параметров (шоки), указанные в примечании к табл. 3, подтверждают все знаки. В 300 испытаниях Монте-Карло по 13 параметрам ни один сдвиг не противоречил предсказанному (для SLA — расчётному) знаку; неподтверждёнными остались лишь сдвиги меньше допуска, в основном при полном или почти полном рациональном покрытии.

Таблица 3
Предсказания знаков в сравнительной статике и их проверка

Параметр *Parameter*	Знак *Sign*	Δs^*	Доля подтверждений *Share confirmed*	
			все, $N = 300$ *all,* $N = 300$	внутренние, $N = 228$ *interior,* $N = 228$
λ — частота инцидентов *Incident rate*	+	+0,083	0,763	1,000
m — маржа на транзакцию *Margin per transaction*	+	+0,065	0,763	1,000
Строгость SLA *SLA stringency*	+	+0,147	0,763	1,000
ψ — истощение терпения *Depletion of customer patience*	+	+0,008	0,750	0,982
γ — утрата пожизненной ценности *Loss of customer lifetime value*	+	+0,009	0,763	1,000
δ — возврат отложенного спроса *Return of deferred demand*	−	−0,015	0,787	0,996
θ — остаточный темп деградации; доля MB$_f$/MB *Residual degradation rate; detection share* MB$_f$/MB	−	32,8 → 10,3 %		

Шоки для столбца Δs^*: λ и m увеличены в 1,6 раза; ψ, γ, δ — в 1,5 раза; SLA: $T_k \cdot 0{,}6$ и $p_k \cdot 1{,}5$; θ: 0 → 0,5. В испытаниях Монте-Карло: λ, m, ψ увеличены в 1,5 раза; γ — на 0,5; δ — в 1,4 раза (не выше 0,95); SLA — как для столбца Δs^*. Допуск 0,001; внутренних решений ($0{,}01 < s^* < 0{,}99$) 228 из 300

Shocks for the Δs^* *column:* λ *and* m *multiplied by* 1.6*;* ψ, γ, δ *by* 1.5*; SLA:* $T_k \cdot 0.6$ *and* $p_k \cdot 1.5$*;* θ: 0 → 0.5. *In the Monte Carlo trials:* λ, m, ψ *multiplied by* 1.5*;* γ *increased by* 0.5*;* δ *multiplied by* 1.4*, capped at* 0.95*; SLA as above. Tolerance* 0.001*;* 228 *of* 300 *solutions are interior (*$0.01 < s^* < 0.99$*)*

Ограничения

Значения параметров заданы без оценивания, так что интерпретировать следует только знаки и соотношения, а условие (D) можно проверить лишь на производственной телеметрии. Недоучёт издержек ложных срабатываний смещает рациональное покрытие вверх, а допущение об экзогенной частоте инцидентов — вниз; учёт риска редких тяжёлых инцидентов повысил бы покрытие. Локализация первопричины [11] не заменяет эконометрической идентификации эффекта вмешательства.

Заключение

Получены четыре новых результата. Простой дорожает с каждой минутой, пока деградация и уход клиентов нарастают быстрее сезонного спада спроса, что проверяется по телеметрии и данным о клиентах. При углубляющейся деградации ускорение обнаружения ценнее равного ускорения устранения, так как раннее обнаружение её останавливает или замедляет. Эластичность времени восстановления по расходам определяется технологией, не зависит от уровня цен и меняется с покрытием, поэтому её оценки сопоставимы только при известном покрытии. Наконец, эксплуатация, не получающая всей выгоды, вкладывает меньше, чем выгодно фирме, и этот клин устраняет внутренняя цена информации, неучтённую эксплуатацией долю которой оплачивают бизнес-подразделения.

Для управления ИТ-компанией это означает, что бюджет наблюдаемости нужно определять сопоставлением предельной выгоды и предельных затрат, отказавшись от остаточного принципа. При рациональном бюджете рост расходов на 1 % снижает ожидаемый ущерб на столько процентов, сколько составляет отношение бюджета к ущербу; большее снижение говорит о заниженном бюджете, меньшее — о завышенном. Сбор всей телеметрии расточителен, когда затраты растут быстрее отдачи (в калибровке полное покрытие на 55,7 % дороже рационального), а вложения в обнаружение приоритетны, если деградация углубляется и её можно сдержать. Все числа получены в иллюстративной калибровке; следующим шагом станет эмпирическое оценивание модели на производственной телеметрии.

Литература

1. *Anderson R.* Why information security is hard – an economic perspective // Seventeenth Annual Computer Security Applications Conference. New Orleans, 2001. P. 358–365. DOI: 10.1109/ACSAC.2001.991552.
2. *Hirshleifer J.* On the economics of transfer pricing // The Journal of Business. 1956. Vol. 29. No. 3. P. 172–184. DOI: 10.1086/294110.
3. *Соколов Д. М.* Некоторые вопросы управления инцидентами в микросервисных архитектурах // Инновации и инвестиции. 2026. № 3. С. 443–447.
4. *Gordon L. A., Loeb M. P.* The economics of information security investment // ACM Transactions on Information and System Security. 2002. Vol. 5. No. 4. P. 438–457. DOI: 10.1145/581271.581274.
5. *Шуршев В. Ф., Гостюнин Ю. А.* Экспертная оценка ущерба при отказе информационной системы предприятия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 4. С. 112–120. DOI: 10.24143/2072-9502-2020-4-112-120.
6. *Кайгородцев Г. И., Кравченко А. В.* Методика оценки эффективности информационных систем // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 1(55). С. 5–14.
7. *Кацман В. Е.* Метод многоуровневой декомпозиции в экономических информационных системах // Прикладная информатика. 2006. № 3(3). С. 130–139.
8. *Barlow R., Hunter L.* Optimum preventive maintenance policies // Operations Research. 1960. Vol. 8. No. 1. P. 90–100. DOI: 10.1287/opre.8.1.90.

9. *Уринцов А. И.* Многоуровневые экономические информационные системы. – М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003. – 320 с.
10. *Li B., Peng X., Xiang Q., Wang H., Xie T., Sun J., Liu X.* Enjoy your observability: an industrial survey of microservice tracing and analysis // Empirical Software Engineering. 2022. Vol. 27. No. 1. Art. 25. DOI: 10.1007/s10664-021-10063-9.
11. *Xin R., Chen P., Zhao Z.* CausalRCA: Causal inference based precise fine-grained root cause localization for microservice applications // Journal of Systems and Software. 2023. Vol. 203. Art. 111724. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111724.
12. *Garnett O., Mandelbaum A., Reiman M. I.* Designing a call center with impatient customers // Manufacturing & Service Operations Management. 2002. Vol. 4. No. 3. P. 208–227. DOI: 10.1287/msom.4.3.208.7753.
13. *Goldsmith-Pinkham P., Sorkin I., Swift H.* Bartik instruments: what, when, why, and how // American Economic Review. 2020. Vol. 110. No. 8. P. 2586–2624. DOI: 10.1257/aer.20181047.
14. *Heckman J. J.* Sample selection bias as a specification error // Econometrica. 1979. Vol. 47. No. 1. P. 153–161. DOI: 10.2307/1912352.

The economically rational level of observability spending in IT companies: marginal analysis and the internal price of information

Sokolov D.M.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The study is relevant because choosing an observability level means trading off loss-prevention spending against expected operational-risk losses. Costs fall on the operations unit and benefits on business units in other responsibility centres, so the level is set heuristically or residually and is systematically too low. The aim is to develop an economic and mathematical optimisation model of the observability-spending decision that links telemetry collection settings to monetary incident losses, and to determine the rational observability level and the conditions for reaching it within the firm. The problem is minimising expected incident losses plus observability spending over coverage. The methods are microeconomic demand modelling, marginal analysis, comparative statics, shadow prices, transfer pricing, an econometric identification design, numerical calibration and Monte Carlo simulation. The condition for a rising per-minute downtime cost reduces to an inequality testable from telemetry and customer data. Early detection is a separate benefit channel with its own shadow price, not implied by loss convexity. The spending elasticity of delays is independent of price levels and, given an irreducible minimum, non-monotonic in coverage; a budget-check rule in measurable quantities is derived. An internal price of information removes underinvestment. An illustrative calibration, which is not an estimate from production data, gives a rational coverage of 0.589, a cut in mean time to resolve (including detection) from 60.0 to 22.2 minutes and a 76.1% saving relative to zero coverage, while the detection channel yields 32.8% of the marginal benefit. Empirical estimation is the next step.

Keywords: economic and mathematical model, optimisation model, optimisation of decision-making, marginal analysis, observability spending, downtime cost, operational risk, elasticity, shadow price, transfer pricing, econometric identification, microservice architectures

References

1. Anderson R. Why information security is hard - an economic perspective. Seventeenth Annual Computer Security Applications Conference, New Orleans, 2001, pp.358-365. DOI: 10.1109/ACSAC.2001.991552.
2. Hirshleifer J. On the economics of transfer pricing. The Journal of Business, 1956, vol.29, no.3, pp.172-184. DOI: 10.1086/294110.
3. Sokolov D. M. Some Issues of Incident Management in Microservice Architectures. *Innovatsii i investitsii*, 2026, no.3, pp.443-447 (in Russian).
4. Gordon L. A., Loeb M. P. The economics of information security investment. ACM Transactions on Information and System Security, 2002, vol.5, no.4, pp.438-457. DOI: 10.1145/581271.581274.
5. Shurshev V. F., Gostiunin Iu. A. Expert evaluation of damage through enterprise information system failure. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika*=Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics, 2020, no.4, pp.112-120 (in Russian). DOI: 10.24143/2072-9502-2020-4-112-120.
6. Kaigorodtsev G. I., Kravchenko A. V. On the efficiency of information systems and the method of its estimation. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2015, vol.10, no.1(55), pp.5-14 (in Russian).
7. Katsman V. E. *Metod mnogourovnevoi dekompozitsii v ekonomicheskikh informatsionnykh sistemakh* [The method of multilevel decomposition in economic information systems]. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2006, no.3(3), pp.130-139.
8. Barlow R., Hunter L. Optimum preventive maintenance policies. Operations Research, 1960, vol.8, no.1, pp.90-100. DOI: 10.1287/opre.8.1.90.
9. Urintsov A. I. *Mnogourovnevye ekonomicheskie informatsionnye sistemy* [Multilevel economic information systems]. Moscow, *Moskovskii mezhdunarodnyi institut ekonometriki, informatiki, finansov i prava* Publ., 2003, 320 p.
10. Li B., Peng X., Xiang Q., Wang H., Xie T., Sun J., Liu X. Enjoy your observability: an industrial survey of microservice tracing and analysis. Empirical Software Engineering, 2022, vol.27, no.1, art.25. DOI: 10.1007/s10664-021-10063-9.
11. Xin R., Chen P., Zhao Z. CausalRCA: Causal inference based precise fine-grained root cause localization for microservice applications. Journal of Systems and Software, 2023, vol.203, art.111724. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111724.
12. Garnett O., Mandelbaum A., Reiman M. I. Designing a call center with impatient customers. Manufacturing & Service Operations Management, 2002, vol.4, no.3, pp.208-227. DOI: 10.1287/msom.4.3.208.7753.
13. Goldsmith-Pinkham P., Sorkin I., Swift H. Bartik instruments: what, when, why, and how. American Economic Review, 2020, vol.110, no.8, pp.2586-2624. DOI: 10.1257/aer.20181047.
14. Heckman J. J. Sample selection bias as a specification error. Econometrica, 1979, vol.47, no.1, pp.153-161. DOI: 10.2307/1912352.

Сравнительная оценка методов прогнозирования оборота предприятий электронной коммерции

Соколов Никита Валерьевич
аспирант, базовая кафедра цифровой экономики института развития информационного общества, РЭУ им. Г.В. Плеханова, twinvlr@yandex.ru

В статье представлена сравнительная оценка методов статистического прогнозирования и машинного обучения при прогнозировании оборота предприятия электронной коммерции. На временном ряде месячного оборота компании E-commerce за период с января 2023 г. по июнь 2026 г. (42 наблюдения) сопоставлены четыре модели: Holt-Winters, SARIMA, LightGBM и XGBoost. Обучение выполнено на 36 месяцах, тестирование – на 6 наблюдениях с соблюдением хронологического порядка. Качество прогнозов оценивалось с использованием MAE, RMSE, MAPE и sMAPE, при этом MAE и RMSE дополнительно нормировались относительно среднего значения оборота тестовой выборки. Наилучший результат по всем метрикам показал LightGBM (MAPE – 6,37%), при этом Holt-Winters обеспечил сопоставимую точность (MAPE – 7,32%). Результаты свидетельствуют, что применение более сложного алгоритма не гарантирует существенного повышения точности, а выбор модели целесообразно проводить на основе эмпирической проверки на данных конкретного предприятия с учётом интерпретируемости и трудоёмкости сопровождения.

Ключевые слова: электронная коммерция, прогнозирование оборота, временные ряды, экспоненциальное сглаживание, SARIMA, градиентный бустинг, LightGBM, XGBoost.

Введение

Развитие электронной коммерции сопровождается постоянным увеличением объёма данных о продажах, заказах и поведении покупателей. Эти данные используются не только для анализа уже достигнутых результатов, но и для планирования дальнейшей деятельности предприятий. Одной из востребованных задач в данном направлении является прогнозирование показателей продаж и оборота, поскольку качество прогнозных оценок может использоваться при планировании закупок, управлении запасами, распределении ресурсов и формировании маркетинговой активности. В исследованиях по прогнозированию розничных продаж отмечается, что особенности таких данных связаны с наличием трендов, сезонности, календарных эффектов и воздействием различных внешних факторов, что делает выбор подходящего метода отдельной исследовательской задачей [1; 2].

Для решения задач прогнозирования применяются как статистические методы анализа временных рядов, так и алгоритмы машинного обучения. Классические подходы, основанные на экспоненциальном сглаживании и авторегрессионных моделях, позволяют описывать зависимость текущих значений показателя от его предыдущей динамики. Их преимуществом является относительная простота и возможность интерпретации получаемых результатов. Вместе с тем при наличии нелинейных зависимостей и большого числа факторов, влияющих на прогнозируемый показатель, возможности традиционных моделей могут оказаться ограниченными. В российской научной литературе также рассматривается совместное применение статистических методов и методов машинного обучения для анализа временных рядов и повышения качества прогнозов деятельности предприятий [3].

В последние годы особое внимание уделяется эмпирическому сравнению различных методов. Зачастую сам факт применения более сложного алгоритма не означает, что он будет обеспечивать более точный прогноз для конкретного временного ряда. Результат зависит от объёма и структуры исходных данных, характера временной зависимости, наличия сезонности и других особенностей исследуемого показателя. В частности, исследования в области розничного прогнозирования показывают, что результаты статистических и машинных методов могут существенно различаться в зависимости от постановки задачи и доступной информационной базы [2].

Для электронной коммерции данный вопрос имеет дополнительное значение. Продажи формируются под воздействием большого количества факторов, а изменение структуры спроса может происходить достаточно быстро. В зарубежных исследованиях для прогнозирования онлайн-продаж рассматриваются методы, способные учитывать сложную динамику временных рядов и несколько одновременно действующих тенденций. Например, при прогнозировании продаж товаров электронной коммерции используются вероятностные модели, позволяющие учитывать тренды, сезонность и дополнительные характеристики процесса продаж [3].

В связи с этим представляет интерес проведение непосредственного сравнительного эксперимента, в рамках которого различные классы прогнозных моделей оцениваются на одной и той же временной последовательности и по единым критериям. Такой подход позволяет отделить особенности конкретного алгоритма от влияния различий в исходных данных или процедуре оценки и определить, насколько применение более сложного метода действительно связано с повышением качества прогноза.

Целью исследования является сравнительная оценка методов статистического прогнозирования и машинного обучения при прогнозировании оборота предприятия электронной коммерции.

Научная новизна исследования заключается в сравнительной оценке прогнозных моделей различных классов на единой временной последовательности показателя оборота предприятия электронной коммерции с использованием единого подхода к формированию выборок и оценке качества прогнозирования. Практическая значимость работы состоит в возможности использования полученных результатов при выборе прогнозного инструментария для решения задач планирования и аналитического сопровождения деятельности предприятий электронной коммерции.

Оборот предприятий электронной коммерции как объект прогнозирования

В условиях цифровизации торговли показатели продаж и оборота становятся важным элементом информационного обеспечения текущего и перспективного управления предприятием. Для организаций электронной коммерции это особенно характерно вследствие большого объёма данных, формируемых в процессе взаимодействия покупателей с цифровыми каналами продаж. Источниками информации выступают данные о заказах, оплатах, ассортименте, ценах, рекламной активности, посещаемости интернет-ресурсов и других характеристиках поведения покупателей. Наличие такой информационной базы создаёт условия для перехода от

анализа уже достигнутых результатов к количественной оценке будущей динамики.

Электронная коммерция при этом представляет собой не только отдельный канал реализации товаров, но и информационно насыщенную среду осуществления хозяйственной деятельности. В современных исследованиях электронного бизнеса подчёркивается значение цифровых информационных технологий для организации взаимодействия экономических субъектов и обработки данных, необходимых для управленческих решений. В частности, А. И. Уринцов рассматривает электронный обмен данными как инструмент решения экономических и управленческих задач, связывая его с интеграцией информационных потоков и стандартизацией обмена данными [5]. Современное понимание информационного обеспечения управления предполагает, что накопленные данные должны использоваться не только для фиксации текущего состояния предприятия, но и для формирования аналитической основы последующих решений.

В данном контексте оборот предприятия может рассматриваться как один из ключевых агрегированных показателей его коммерческой деятельности. При последовательном наблюдении через равные промежутки времени значения оборота образуют временной ряд:

$Y = \{y_1,\ y_2, \dots ,\ y_t, \dots ,\ y_n\}$, где

y_t – значение оборота в периоде t,

n – количество наблюдений.

Особенность временного ряда заключается в том, что порядок наблюдений имеет принципиальное значение. Значение оборота в текущем периоде может быть связано с результатами предыдущих периодов, а характер этой зависимости способен изменяться во времени. Поэтому задача прогнозирования заключается не просто в установлении зависимости между набором независимых признаков и целевой переменной, а в оценке будущего состояния экономического показателя с использованием информации, доступной до момента формирования прогноза.

Для показателей продаж характерно наличие нескольких источников вариации. К ним могут относиться долгосрочная тенденция изменения оборота, сезонные колебания, календарные эффекты, изменение цен и ассортимента, маркетинговая активность и другие факторы. Масштабное исследование M5, проведённое на реальных данных розничных продаж Walmart, показало, что современные задачи прогнозирования продаж могут включать одновременно большое количество взаимосвязанных временных рядов, календарные признаки, цены и сведения о специальных событиях [6].

Вопрос выбора метода прогнозирования должен решаться применительно к характеристикам конкретного временного. В систематическом исследовании методов прогнозирования продаж, отмечается существенное увеличение числа работ, использующих машинное обучение и глубокое обучение. Вместе с тем авторы указывают на зависимость качества прогнозирования от структуры рынка, объёма доступных данных и характеристик конкретной задачи [7].

Таким образом, оборот предприятия электронной коммерции может быть представлен как экономический временной ряд, характеристики которого определяют требования к используемому прогнозному инструментарию. Для его исследования целесообразно рассматривать одновременно статистические методы, ориентированные преимущественно на закономерности самого временного ряда, и алгоритмы машинного обучения, способные учитывать более широкий набор признаков.

Методы и методика сравнительного исследования

Современные методы прогнозирования продаж можно условно разделить на несколько групп: статистические модели временных рядов, алгоритмы машинного обучения, методы глубокого обучения и различные гибридные подходы. Анализ современной литературы показывает, что развитие прогнозной аналитики происходит не столько за счёт полного отказа от традиционных моделей, сколько за счёт расширения набора доступных методов и их последующего эмпирического сопоставления [7].

Статистические модели сохраняют практическое значение благодаря относительно небольшому количеству параметров, интерпретируемости и возможности получения прогноза непосредственно на основе исторической последовательности наблюдений. К данной группе относятся модели экспоненциального сглаживания, авторегрессионные модели и различные варианты ARIMA. Их общей особенностью является представление будущего значения через структуру предыдущих наблюдений и случайной составляющей.

Методы экспоненциального сглаживания позволяют учитывать уровень временного ряда, тренд и сезонные колебания. Их применение особенно целесообразно в случаях, когда наблюдаемая динамика относительно стабильна и не требуется использование большого числа внешних факторов. Результаты M5 показывают, что даже в условиях современной высокоразмерной задачи розничного прогнозирования относительно простые методы экспоненциального сглаживания способны оставаться конкурентоспособными для отдельных типов временных рядов [6].

Авторегрессионные модели, напротив, делают акцент на зависимости текущего значения от предыдущих значений ряда. Для экономических показателей применяются, в частности, модели ARIMA и SARIMA, позволяющие учитывать нестационарность и сезонную структуру. Их преимуществом является наличие развитого математического аппарата диагностики и интерпретации параметров. Однако эффективность таких моделей может снижаться при существенной нелинейности зависимостей или при наличии большого числа внешних факторов.

Отдельное место среди современных инструментов занимает модель Prophet, ориентированная на прогнозирование бизнес-временных рядов. В её основе лежит представление временного ряда как комбинации тренда, сезонных компонентов, календарных эффектов и случайной составляющей. В прикладных исследованиях розничных продаж Prophet часто рассматривается наряду с Holt–Winters и сезонными ARIMA как один из базовых методов сравнения. Российское исследование 2024 г., посвящённое сравнительной оценке моделей прогнозирования продаж в розничной торговле, также рассматривает Holt–Winters, Prophet и сезонную ARIMA и использует MAE, MSE и MAPE для оценки качества прогнозов.

При переходе к машинному обучению меняется принцип формирования прогнозной модели. Алгоритм обучается на наборе признаков, среди которых могут использоваться лаговые значения целевого показателя, календарные признаки, скользящие статистики и различные внешние характеристики. В результате временная зависимость представляется не только как последовательность значений, но и как набор признаков, позволяющий алгоритму выявлять нелинейные зависимости.

Для прогнозирования оборота предприятия перспективными являются прежде всего алгоритмы на основе ансамблей деревьев решений, включая градиентный бустинг. Такие модели позволяют учитывать нелинейные зависимости между лаговыми признаками, календарными характеристиками и внешними факторами. При этом их применение требует дополнительного этапа формирования признаков. Например, для прогноза оборота на месяц t+1 могут использоваться значения оборота за предыдущие периоды:

$X_t = (Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k})$, где

k – количество используемых временных лагов.

Дополнительно в X_t могут включаться признаки месяца, квартала, сезонности, праздничных периодов и другие характеристики. Принципиальным условием является отсутствие в признаках информации, которая становится известной только после наступления прогнозируемого периода. Интересные результаты в этом отношении получены при исследовании методов прогнозирования розничных продаж с объясняющими переменными. В работе Wellens, Boute и Udenio, опубликованной в European Journal of Operational Research в 2024 г., показано, что относительно простой подход на основе деревьев решений может демонстрировать высокую точность при наличии качественных объясняющих признаков, тогда как дальнейшее усложнение архитектуры модели даёт сравнительно небольшой дополнительный эффект [8].

При подготовке к формированию прогноза по данным целесообразно оценить несколько доступных методов на едином наборе данных и с использованием одинаковой процедуры проверки. В частности, в рамках M5 Competition сравнивались десятки подходов на единой базе реальных розничных продаж, что позволило получить эмпирические данные о соотношении статистических и машинных методов [6]. При этом результаты соревнования показали, что машинное обучение может обеспечивать существенные улучшения на сложных многомерных задачах, но статистические методы остаются конкурентоспособными в ряде отдельных сценариев [6].

Для временного ряда оборота особенно важно соблюдать хронологический порядок наблюдений. Обучающая выборка должна содержать только значения, предшествующие прогнозируемому периоду, а тестовая выборка – последующие наблюдения. Случайное перемешивание наблюдений в такой ситуации может привести к утечке информации из будущего и, следовательно, к завышенной оценке качества модели.

Кроме того, при сравнении моделей необходимо использовать единый прогнозный горизонт. Если одна модель оценивается на ближайшем месяце, а другая – на нескольких периодах, полученные показатели ошибки нельзя считать непосредственно сопоставимыми. Поэтому в рамках экспериментальной части настоящей работы предполагается использование одинакового тестового периода для всех рассматриваемых моделей.

Для количественной оценки точности прогнозов целесообразно использовать несколько метрик. В исследованиях прогнозирования розничных продаж применяются, в частности, MAE, RMSE и MAPE [9].

Средняя абсолютная ошибка определяется выражением:

$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|Y_t - Z_t|$, где

Y_t– фактическое значение оборота,

Z_t– прогнозное значение оборота,

n – число наблюдений тестовой выборки.

Среднеквадратичная ошибка рассчитывается следующим образом:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - Z_t)^2}$$

В отличие от MAE, данная метрика сильнее реагирует на отдельные крупные отклонения. Поэтому её использование особенно полезно при анализе оборота, если ошибки в периоды резкого изменения продаж имеют повышенное экономическое значение.

Для относительной оценки используется средняя абсолютная процентная ошибка:

$$MAPE = \frac{100\%}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - Z_t}{Y_t}\right|$$

Использование нескольких метрик позволяет получить более полную характеристику качества прогнозирования. В то же время выбор метрики должен соответствовать особенностям данных. В современных исследованиях прогнозирования продаж отмечается необходимость учитывать не только точность отдельных прогнозов, но и практические последствия ошибок для управленческих решений [6].

Для проведения сравнительной оценки методов прогнозирования был сформирован временной ряд месячного оборота предприятия электронной коммерции за период с января 2023 г. по июнь 2026 г. Таким образом, исходная выборка включала 42 последовательных наблюдения. При формировании экспериментальной выборки соблюдался принцип сохранения временной последовательности данных, поскольку случайное разделение наблюдений на обучающую и тестовую выборки для задач прогнозирования временных рядов может приводить к использованию информации из будущего при построении модели.

С целью оценки способности моделей прогнозировать значения, не использованные непосредственно при их обучении, временной ряд был разделён на обучающую и тестовую части. В обучающую выборку вошли наблюдения за период с января 2023 г. по декабрь 2025 г. – 36 месяцев. Тестовая выборка включала период с января по июнь 2026 г., то есть последние шесть фактических наблюдений. Такой подход позволил оценить качество прогноза на временном интервале, расположенном непосредственно после окончания обучающего периода.

В исследовании рассматривались четыре модели, относящиеся к различным классам методов прогнозирования: модель экспоненциального сглаживания Holt–Winters, сезонная авторегрессионная модель SARIMA, алгоритм градиентного бустинга LightGBM и алгоритм XGBoost. Выбор моделей обусловлен необходимостью сопоставить традиционные статистические методы с современными алгоритмами машинного обучения.

Модель Holt–Winters использовалась для учёта одновременно наблюдаемых трендовой и сезонной составляющих временного ряда. При этом для месячных данных в модели задавался сезонный период, равный 12 месяцам. Данный подход позволяет учитывать повторяющиеся внутригодовые изменения оборота и одновременно моделировать его долгосрочное изменение.

SARIMA относится к классу авторегрессионных моделей, объединяющих авторегрессионную составляющую, скользящее среднее и процедуры дифференцирования. Включение сезонной компоненты позволяет учитывать зависимость текущих значений оборота от наблюдений соответствующих месяцев предыдущих периодов.

В качестве представителей методов машинного обучения использовались LightGBM и XGBoost. В отличие от статистических моделей, данные алгоритмы рассматривали прогнозирование как задачу регрессии на основе сформированных признаков временного ряда. В качестве входной информации использовались лаговые значения показателя, характеристики скользящей динамики и календарные признаки. Такой подход позволяет алгоритмам градиентного бустинга учитывать нелинейные зависимости между текущим значением оборота и его предшествующей динамикой.

Для количественной оценки точности прогнозов использовались средняя абсолютная ошибка (MAE), корень из среднеквадратичной ошибки (RMSE), средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) и симметричная средняя абсолютная процентная ошибка (sMAPE). Использование нескольких критериев позволяет избежать зависимости результатов сравнения от одной характеристики ошибки.

Поскольку абсолютные значения оборота относятся к внутренним данным предприятия и не подлежат раскрытию, при представлении результатов использовались относительные показатели ошибок. Нормированная средняя абсолютная ошибка рассчитывалась как отношение MAE к среднему значению оборота в тестовой выборке:

$$MAE_{norm} = \frac{MAE}{y} \times 100\%, \text{где}$$

MAE – средняя абсолютная ошибка прогноза;

y – среднее фактическое значение показателя в тестовом периоде.

Такой способ представления результатов позволяет сохранить возможность сопоставления моделей без раскрытия коммерчески чувствительных абсолютных значений оборота.

Важной особенностью исследования является единый порядок формирования обучающей и тестовой выборок и одинаковый прогнозный горизонт для всех рассматриваемых методов. Это позволяет интерпретировать различия в значениях метрик преимущественно как результат различий в свойствах самих моделей, а не как следствие различной процедуры их проверки.

Результаты прогнозирования

По результатам проведённого эксперимента были получены прогнозные значения оборота на период с января по июнь 2026 г. Для каждой модели рассчитаны значения MAE, RMSE, MAPE и sMAPE. С учётом требований к конфиденциальности исходной информации абсолютные значения оборота и абсолютные величины ошибок в исследовании не приводятся.

Результаты сравнительной оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка точности методов прогнозирования оборота предприятия электронной коммерции

Модель	Нормированная MAE, %	Нормированная RMSE, %	MAPE, %	sMAPE, %
Holt-Winters	6,76	8,78	7,32	6,88
SARIMA	9,53	12,13	10,09	9,29
LightGBM	6,03	7,05	6,37	6,19
XGBoost	10,14	11,52	10,80	10,07

Источник: рассчитано автором.

Представленные результаты показывают, что на рассматриваемом временном ряду наиболее низкие значения ошибок были получены при использовании LightGBM. Нормированная средняя абсолютная ошибка данной модели составила 6,03%, RMSE – 7,05%, MAPE – 6,37%, а sMAPE – 6,19%. Таким образом, по всем четырём рассматриваемым критериям модель LightGBM продемонстрировала наиболее низкие значения ошибок среди исследуемых методов.

Ближайший результат был получен для модели Holt–Winters. Значение MAPE для неё составило 7,32%, что примерно на 0,95 процентного пункта выше результата LightGBM. Аналогичная тенденция наблюдается по нормированной MAE и sMAPE. При этом различие между двумя моделями нельзя считать настолько значительным, чтобы делать вывод о принципиально ином характере прогнозирования: обе модели обеспечили относительно близкие результаты на рассматриваемом временном ряду.

Более существенные различия наблюдаются при сравнении LightGBM с SARIMA и XGBoost. Значение MAPE для SARIMA составило 10,09%, а для XGBoost – 10,80%. Значения RMSE также оказались выше, чем у двух других моделей. Это свидетельствует о наличии более крупных прогнозных отклонений на отдельных наблюдениях тестового периода.

Среди статистических методов более низкие значения ошибок были получены у Holt–Winters. Его преимущество относительно SARIMA проявляется по всем использованным критериям. В частности, MAPE Holt–Winters составила 7,32%, тогда как у SARIMA данный показатель достиг 10,09%. Аналогичная картина наблюдается для RMSE: 8,78% против 12,13%.

При этом SARIMA показала более высокую величину ошибки. Одной из возможных причин является ограниченный объём обучающей выборки. После выделения тестового периода для оценки модели использовалось 36 месячных наблюдений. Для сложной сезонной авторегрессионной структуры это относительно небольшой объём данных, вследствие чего оценка большого количества параметров может быть менее устойчивой.

Результаты моделей машинного обучения оказались неоднородными. LightGBM продемонстрировал наиболее низкие значения всех четырёх рассматриваемых метрик. В то же время XGBoost показал наибольшую MAPE среди исследуемых моделей – 10,80%.

Таким образом, сам факт применения алгоритма градиентного бустинга не гарантировал повышения точности. Различия между LightGBM и XGBoost показывают, что принадлежность моделей к одному классу алгоритмов не означает одинаковой способности описывать конкретную временную зависимость. На качество прогноза влияет не только используемый алгоритм, но и объём доступной выборки, структура признаков, параметры обучения и характер самого временного ряда.

Полученный вывод соответствует результатам современных исследований в области прогнозирования розничных продаж. В частности, в M5 Competition высокая точность LightGBM была связана не только с алгоритмом как таковым, но и с возможностью использовать большое количество взаимосвязанных рядов и дополнительных объясняющих переменных. Исследование Wellens, Boute и Udenio также показывает, что преимущество tree-based моделей зависит от доступности дополнительных данных и качества инженерии признаков, тогда как дальнейшее усложнение алгоритма может давать лишь ограниченный прирост точности.

Следовательно, результаты проведённого эксперимента позволяют рассматривать выбор модели как самостоятельную аналитическую задачу, которая должна основываться на эмпирической проверке нескольких альтернативных методов.

Выводы

Полученный результат, проведенного исследования, показывает целесообразность проведения сравнительного тестирования перед внедрением прогнозной модели в аналитическую практику. Исследования в области прогнозирования продаж указывают на отсутствие универсального метода, обеспечивающего минимальную ошибку для любых временных рядов. В частности, результаты крупных forecasting competitions демонстрируют эффективность ML-подходов, но одновременно подтверждают необходимость сопоставления их с классическими статистическими методами.

Стоит также отметить, что проведенное исследование имеет ограничения, связанные с объемом данных. Полученные результаты характеризуют качество моделей применительно к исследуемому ряду и не позволяют распространить выявленные соотношения между методами на все предприятия

электронной коммерции. Для дальнейших исследований целесообразно расширить временной горизонт, использовать несколько предприятий или товарных категорий, а также оценить устойчивость результатов при изменении прогнозного горизонта и состава входных признаков.

Таким образом, выбор метода прогнозирования оборота предприятия электронной коммерции целесообразно осуществлять не только исходя из технологической сложности алгоритма, но и на основе фактически достигнутого качества прогнозирования на данных конкретного предприятия. Для исследуемого временного ряда результаты эксперимента свидетельствуют о возможности применения как LightGBM, так и более простого статистического подхода Holt–Winters, при этом окончательный выбор между ними должен учитывать не только точность, но и требования к интерпретируемости, трудоёмкости сопровождения и доступности дополнительных данных.

Литература

1. Policarpo L.M., da Silveira D.E., Righi R.R. et al. Machine learning through the lens of e-commerce initiatives: An up-to-date systematic literature review // Computer Science Review. 2021. Vol. 41. 100414. DOI: 10.1016/j.cosrev.2021.100414 EDN: KCSIAX
2. Zhang X., Guo F., Chen T., Pan L., Beliakov G., Wu J. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 2023, Vol. 18, No. 4, pp. 2188–2216, DOI 10.3390/jtaer18040110. DOI: 10.3390/jtaer18040110 EDN: GDEYRH
3. Du C., Li Y. E-commerce sales forecasting based on deep learning algorithm // Procedia Computer Science. 2025. Vol. 261. P. 1157–1164. DOI: 10.1016/j.procs.2025.04.699. DOI: 10.1016/j.procs.2025.04.699 EDN: ALIANJ
4. Патраков П.А. Использование методов прогнозирования временных рядов для оптимизации деятельности предприятий // Вестник науки. 2025. EDN: RVVXQN
5. Уринцов А. И. Электронный обмен данными : учебное пособие / А. И. Уринцов. – Москва : ЕАОИ, 2024. – 184 с. – ISBN 978-5-374-00463-2. ISBN: 978-5-374-00463-2
6. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. M5 accuracy competition: Results, findings, and conclusions // International Journal of Forecasting. – 2022. – Vol. 38, № 4. – P. 1346–1364. – DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.013. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.013
7. Ahaggach H., Abrouk L., Lebon E. Systematic Mapping Study of Sales Forecasting: Methods, Trends, and Future Directions // Forecasting. 2024. Vol. 6, No. 3. P. 502–532. DOI: 10.3390/forecast6030028. DOI: 10.3390/forecast6030028 EDN: QRVIYS
8. Wellens A. P., Boute R. N., Udenio M. Simplifying tree-based methods for retail sales forecasting with explanatory variables // European Journal of Operational Research. – 2024. – Vol. 314, № 2. – P. 523–539. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.10.039 DOI: 10.1016/j.ejor.2023.10.039 EDN: WGTYSA
9. Applying Machine Learning in Retail Demand Prediction—A Comparison of Tree-Based Ensembles and Long Short-Term Memory-Based Deep Learning // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, № 19. – 11112. – DOI: 10.3390/app131911112. DOI: 10.3390/app131911112 EDN: UPUOEC

Comparative assessment of forecasting methods for the turnover of e-commerce enterprises

Sokolov N.V.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article presents a comparative assessment of statistical forecasting and machine learning methods for predicting the turnover of an e-commerce enterprise. Four models are compared using a time series of the monthly turnover of an E-commerce company for the period from January 2023 to June 2026 (42 observations): Holt-Winters, SARIMA, LightGBM, and XGBoost. Training was performed on 36 months, and testing was carried out on 6 observations, maintaining chronological order. The quality of the forecasts was assessed using normalized indicators MAE, RMSE, MAPE, and sMAPE. LightGBM showed the lowest error across all metrics (MAPE – 6.37%), while Holt-Winters demonstrated comparable accuracy (MAPE – 7.32%). The results indicate that using a more complex algorithm does not guarantee a significant increase in accuracy, and it is advisable to select a model based on empirical testing using data from a specific enterprise, taking into account interpretability and the effort required for maintenance.

Keywords: e-commerce, turnover forecasting, time series, exponential smoothing, SARIMA, gradient boosting, LightGBM, XGBoost.

References

1. Policarpo L.M., da Silveira D.E., Righi R.R. et al. Machine learning through the lens of e-commerce initiatives: An up-to-date systematic literature review // Computer Science Review. 2021. Vol. 41. 100414. DOI: 10.1016/j.cosrev.2021.100414 EDN: KCSIAX
2. Zhang X., Guo F., Chen T., Pan L., Beliakov G., Wu J. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 2023, Vol. 18, No. 4, pp. 2188–2216, DOI 10.3390/jtaer18040110. DOI: 10.3390/jtaer18040110 EDN: GDEYRH
3. Du C., Li Y. E-commerce sales forecasting based on deep learning algorithm // Procedia Computer Science. 2025. Vol. 261. P. 1157–1164. DOI: 10.1016/j.procs.2025.04.699. DOI: 10.1016/j.procs.2025.04.699 EDN: ALIANJ
4. Patrakov P.A. Using time series forecasting methods to optimize enterprise operations // Vestnik Nauki (Bulletin of Science). 2025. EDN: RVVXQN
5. Urintsov A.I. Electronic Data Interchange: A Textbook / A.I. Urintsov. – Moscow: EAOI, 2024. – 184 p. – ISBN 978-5-374-00463-2. ISBN: 978-5-374-00463-2
6. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. M5 accuracy competition: Results, findings, and conclusions // International Journal of Forecasting. – 2022. – Vol. 38, No. 4. – P. 1346–1364. – DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.013. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.013
7. Ahaggach H., Abrouk L., Lebon E. Systematic Mapping Study of Sales Forecasting: Methods, Trends, and Future Directions // Forecasting. 2024. Vol. 6, No. 3. P. 502–532. DOI: 10.3390/forecast6030028. DOI: 10.3390/forecast6030028 EDN: QRVIYS
8. Wellens A. P., Boute R. N., Udenio M. Simplifying tree-based methods for retail sales forecasting with explanatory variables // European Journal of Operational Research. – 2024. – Vol. 314, No. 2. – P. 523–539. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.10.039 DOI: 10.1016/j.ejor.2023.10.039 EDN: WGTYSA
9. Applying Machine Learning in Retail Demand Prediction—A Comparison of Tree-Based Ensembles and Long Short-Term Memory-Based Deep Learning // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, No. 19. – 11112. – DOI: 10.3390/app131911112. DOI: 10.3390/app131911112 EDN: UPUOEC

INNOVACII i INVESTICII №10 2026
научно-аналитический журнал
ISSN 2307-180X
ИННОВАЦИИ и ИНВЕСТИЦИИ

PART 1: Economics

INNOVATION MANAGEMENT

Conceptual model of an organization's strategic entrepreneurship development mechanism taking into account the innovation factor. Burkov A.G. 5
Ecosystem integration in the innovative transformation of retail business models. Kravchenko E.S. 8
Regional construction clusters as a driver of innovative development and investment activity of mesoterritories. Kulikova I.Yu. 11
A methodological approach to assessing the innovation potential of regional economic sectors under fragmented statistical observation. Makhonich I.V. 15
Innovative Technologies and the Digital Ruble in the Modern Economy. Chernenko V.A., Minaev N.V., Polyatsky V.V. 19
The conflict between operational efficiency and innovative potential: a microeconomic analysis using project management as an example. Salakhov R.L. 22
Tools for innovative development in the tourism sector: application ofglobal experience. Teslenko I.B., Stoyan A.A. 26
Conceptual Foundations for the Application of Hybrid Tools to Stimulate Innovation Activity in Knowledge-Intensive Industrial Sectors under Import Substitution. Tukanova A.A. 29
The application of digitalization and innovative management in the ecosystems of large Chinese corporations: challenges and prospects. Zhou Yu, Zhao Yaxin 33
Application of a Logical-Structural Model Representation of Digital Transformation to the Analysis of State Innovation Policy Instruments. Eder A.V. 37

INVESTMENT ACTIVITY MANAGEMENT

Architecture of software tools for investment project models. Bezruchko D.S., Ilyin I.V. 41
Two-Component Model for Investment Project Evaluation. Dzigora M.Yu. 45
Development of the investment and innovation climate of the region: comprehensive approach. Sokolov P.S., Kovalev N.A. 49
Transformative investments as a tool for the structural transformation of the regional economy (using the Vladimir Region as an example). Shuvalov E.A., Teslenko I.B. 52
Assessment of investment activity of small and medium-sized enterprises in the agro-industrial complex. Egikyan A.R. 55

ECONOMIC THEORY AND HISTORY

Evolution of the institution of higher education assessment in the prc: from directive planning to ranking competition. Wang Kaipeng 58
Strategic directions for the digital transformation of the Russian economy in the face of external challenges. Kudryashova Yu.S. 61
Research on the conversion efficiency of financial performance driven by digitalization intelligence investment: a case study of sf express logistics. Liu Jixian 64
Theoretical foundations of tax incentives for private investment: neoclassical and keynesian perspectives. Shestakov A.A. 68

GLOBAL EXPERIENCE

Global Experience in the Development of Intelligent Management Systems for Terminal and Logistics Infrastructure Facilities. Tsalikova K.R., Shumovsky D.V., Babichev E.S. 72
Asymmetric manifestation of the eu energy crisis in Germany, Poland, Hungary and Spain. Vasyuk M.A. 76
Changes in the Structure and Geography of Russian Oil Exports under the 20th EU Sanctions Package. Gazdiev I.I., Tatulyan K.A., Gafurova K.R. 80
China's strategic oil reserves as a factor of global oil market stability. Grekova O.R. 84
Economy and Human Capital Reproduction in China and India: The Impact of Educational Expenditure, Science, and Demographic Characteristics. Davydova R.Yu. 87
Assessing the impact of artificial intelligence and digital maturity on the efficiency of international economic cooperation. Dobrovolsky V.V. 91
Project Management in the Tourism Sector of the PRC: Status, Trends, and Resource Provision. Ren Xiaotong 94
Secondary (technogenic) resource base of central Asia's critical minerals under carbon regulation: cbam as a driver of low-carbon processing. Mashina A.D. 98
Inflation and power in Venezuela: from the oil crisis to fragile stabilisation. Sergeeva A.A. 102
International integration of innovation ecosystems: concept, preconditions and mechanism. Fu Bingjian 105
Analysis of the impact of foreign direct investment from the eaeu countries on Vietnam and their impact on the vietnamese economy. Tran Anh Minh 108
Conclusion 112
Management of liquefied natural gas supply chains amid the transformation of energy markets. Shaban A.P., Zhukov V.V., Skvortsov A.V. 114
Comparative analysis of the effectiveness of deoffshorization measures in Russia and the EAEU countries: impact on the national investment climate. Shipov S.N. 118
A Comparative Analysis of the Effectiveness of Preferential Economic Zones in Russia and China Amidst Global Market Volatility. Volkov V.I., Rondaleva T.V., Kaplanyan G.O. 122
Assessment of the JKM Price Benchmark Evolution in the Context of the Global Liquefied Natural Gas Market Fragmentation. Katyukha P.B., Nazarov S.S. 126
Resource potential and investment attractiveness of Russian rare earth elements deposits: comparative analysis. Fedorova V.A., Mikhailova A.A. 129

MANAGEMENT THEORY. MANAGEMENT. MARKETING

Tools and mechanisms for implementing the strategy for the development of ecological marketing. Berko A.V. 132
ESG agenda in the development of Russian oilfield service companies under import substitution conditions. Blazhenkova N.M., Guseynov M.M. oglu ..135
University Management on the Path to Technological Leadership. Bondarchuk N.V. 139
Corporate digital platforms as a tool for developing corporate culture and internal communications: a quantitative assessment of user experience. Kochetkova D.D., Gostilovich A.O., Rusakovsky D.V. 142
The Impact of Artificial Intelligence Technologies on the Sustainability of Business Models of Organizations in the Context of Digital Transformation. Ding Yangjiayi, Lin Yating 146
Construction organization and resource support for a modular hotel complex: flow planning, geodetic control and engineering resources. Lukov A.V., Zhilkina L.P. 150
Improving the efficiency of after-sales service processes in an it consulting company using an integration platform. Frolov Yu.V., Kaygorodtsev M.Ya. 154
Regarding the nature of risk and methods for accounting for it in the management of economic systems. Korovin D.I. 158
Tools for Mitigating Price Forecasting Risks in the Strategic Planning of Oil and Gas Companies. Kokh L.V., Matyushin D.V. 161
The impact of managerial work organization on working time utilization and organizational losses in high-tech enterprises. Kraev M.Yu. 165
The impact of servitization on the sustainability of industrial enterprises under a sanctions regime. Kuzmina O.A. 168
Formation of a commercialization strategy for a new real estate development product. Melnitsyna M.I., Zarembo V.E. 171
The Evolution of Adaptive Management Models: From the Cybernetic Approach to Antifragile Systems. Mikhaleva M.P., Strizhov S.A. 175
Development of a comprehensive model for assessing the effectiveness of human resource management in a bank. Nikolsky K.D. 178
Cluster-Hybrid Product Recommendation Model for Corporate Online Procurement. Moiseev N.A., Odoevsky I.I. 181
Assessing the economic efficiency of digital tools in the fashion industry: systematization of approaches and identification of methodological gaps. Pavlov T.P. 185
Corporate podcasts as a tool for building brand trust. Rytik Ju.A. 189
Grassroots Invention in the Knowledge Economy: Levels, Types, and Concepts. Samosvat A.S. 193
Digitalization of Project Management in the Road-Sector PPP (Public-Private Partnership). Samylovskikh D.V. 196
On the issue of risk management of a PPP-based road infrastructure project. Samylovskikh D.V. 198
Correspondence matrix of competencies and KPIs as a tool for labor productivity management at defense industry enterprises. Suravtsova A.A., Brusov K.V. 200
Application and Evaluation of the Effects of Implementing a Service-Oriented Model in Knowledge-Intensive Organizations, in the Context of the Transformation of Customer Value for Products. Chursin R.A., Sandu D.I., Pestov A.S., Tarzhmanova R.Sh. 203
Assessment and directions for improving the organizational culture of a company in the field of municipal services. Yurkova I.G., Antonova A.V. .206
The application of a competence-based approach in the process of forming a personnel reserve. Yurkova I.G., Katkova Ju.E., Mezuzhok M.V., Balakina E.V. 209
The Organizational and Economic Vitality Index as a Tool for Diagnosing the Sustainability of Small Innovative Enterprises under Digital Transformation. Yang Chendong 212
From Process Discovery to Business Value: A Framework for Enterprise Process Transformation. Iaroshenko K.Yu. 216
Dynamic assessment of training effectiveness for the management reserve of Russian defense industry enterprises. Golubev S.S., Klimova P.A. 220

Customer experience personalization in small business: digital trace processing algorithms and their impact on customer loyalty. Kachanov A.S. 224
Problems of the human resource management system in socio-political organizations. Rassadin V.M. 228

ECONOMICS OF SECTORS AND REGIONS. STATE AND MUNICIPAL ADMINISTRATION

The labor market in the context of economic transformation: challenges and adaptation mechanisms. Abramov A.O. 231
State support for small and medium-sized enterprises in the republic of Sakha (Yakutia): the effectiveness of current instruments and directions for their recalibration. Danilova L.I., Abramova A.K. 234
Rational nature management of cable industry enterprises in the system of regional sustainable development. Airapetov O.R. 238
Selecting Digital Out-of-Home Advertising Effectiveness Metrics in Omnichannel Communications: Aligning Objectives, Data, and Evidential Strength. Battalova Zh.A., Vakaryuk M.E. 241
Digitalization of economic agreements in Russia: challenges and prospects. Bezdudnaya A.G., Pogoreltsev A.S., Salimyanova I.G. 245
Factors determining the competitiveness of the Russian tobacco industry in the current economic conditions. Borisov K.D. 248
Conditions for small and medium-sized enterprises' access to various industrial support instruments. Bukharov A.D. 251
Dynamics and Structural Shifts in the Russian Agro-Industrial Complex in 2014–2024: An Analytical Review of Sectoral Statistics. Vikentyeva K.G. 255
Assessing the effectiveness of the revised russian aviation industry development plan: risks, constraints and prospects. Grebeniuk A.A. 259
A Methodological Approach to Assessing the Technological Positioning of National Economies in the Field of Artificial Intelligence. Darsavelidze I.V. 263
The importance of innovation economy for the strategic development of the construction industry. Dubodelov A.V. 267
Institutionalization Index of the Value Foundations of the State Social Architecture: Construction and Properties. Efremov A.A., Oskina M.N. 271
Strategic management of the innovative potential of tourism enterprises. Zamyatina N.A., Tsabolova O.R., Zbarskaya A.V., Tsunaeva Yu.O. 275
A methodology for the effective adoption of artificial intelligence in the public sector: the methodological group and the technical specification. Zinchik N.S., Kovalev A.E., Titov R.V. 278
Assessing the economic effect of artificial intelligence adoption in the public sector: function selection criteria and a calculation model. Zinchik N.S., Kovalev A.E., Titova I.G. 281
Limitations of socio-economic development of the national economy in the context of global transformation: nature and forms of manifestation. Zlotnikov M.S. 284
Theoretical and methodological foundations of monitoring the activities of small and medium-sized businesses in the context of the transformation of regional socio-economic systems. Zubrykina M.V., Loshinskaya E.N., Gorodnichaya E.V. 288
Assessing the Balance of Development of the Vladimir Region Using Variation-Based Statistical Methods. Kozlov D.A. 291
The current state of Russia's light industry. Kolesnik V.A. 293
Sanctions as an incentive for localizing electronics production: analysis of international and russian experience. Konov L.I. 297
Macroeconomic analysis and structural parameters of the legal services market in the russian federation in national and regional aspects. Kornienko S.V. 299
Innovative development of mechanical engineering based on digital twins and predictive monitoring of the condition of process equipment. Kurovsky S.V., Mishin D.A., Laskin E.P. 303
Impact of the operating indicators of railway infrastructure on the stability of the transport and logistics complex. Leonov A.A., Krinicheva A.E. 307
Service and Logistics Support for the Development of Agritourism Based on Small-Scale Farms in Zaporizhzhia Oblast. Li L.I., Landar N.N., Tarusova N.V. 311
Digital ecosystem of a region as a form of interorganizational interaction between government, business, and science. Liman I.A., Osatyuk V.I. 315
The impact of the geopolitical situation on the development of the cosmetics market and the risks associated with the supply of raw materials. Lugovnin A.S., Solovey Ya.P. 319
Theories of the Spatial Distribution of Human Capital. Grachev S.A., Malachiev I.M. 322
Modern marketing tools for assessing the influence of key factors on the formation of marketing strategies for agricultural enterprises in the region. Malyuta K.S. 325
Assessment of the economic and operational effect of digital transformation in light industry enterprises. Margovenko D.O. 328
International Transport Corridors – Current Status and Development Prospects. Matantseva O.Yu., Kazantsev I.S. 332
Scenario assessment of the effectiveness of the organizational and economic mechanism for ensuring sustainable development of industrial enterprises in the Lugansk People's Republic. Melnik N.A. 335
An Intelligent System for Verifying the Customs Value of Goods Based on Computer Vision and a Digital Twin of the Declaration. Novikov V.A., Novikova A.A., Koptsov S.V., Larina A.Yu. 339
Regional differentiation of economic growth scenarios in oilseed production in the Russian Federation. Obodets R.V., Milyausha T.L. 342
Integrating lean production principles into the regional strategic planning system as a factor for enhancing the efficiency of territorial resource potential utilization. Skryapkin S.A., Lyamin B.M. 346
Structural and technological transformation of the Russian economy in the context of contemporary challenges. Skurydin A.V., Myznikova M.N. 350
Formation of tourist clusters as a factor of sustainable growth of the industry: trends and barriers. Starynina L.N. 354
The energy component of the cement industry's resource base: assessing the efficiency of use and directions for optimisation. Sianin S.V. 357
Multidimensional assessment of socio-economic inequality among Russian regions. Ubeev I.Yu. 361
Current state of dairy farming in the Saratov region and development paths. Uryngaliyeva A.A. 363
Adaptation of lean manufacturing tools and methodology for evaluating their efficiency in single-unit and small-batch production (on the example of rocket and space engineering enterprises). Fadeev A.V. 366
Evolution of the concept and methodological approaches to defining the export potential of enterprises of the agro-industrial complex. Fokina D.A., Goroshko A.M. 369
State support for the agro-industrial complex in the Perm Region and an assessment of strategic challenges. Yugov A.L. 373
The impact of the regional economy ownership structure on employee work motivation and organizational performance. Yakovlev A.Y., Kudryavtsev S.A. 376
Conceptual framework development of non-profit organizations in the field of social services. Gergel R.M. 379
A Methodological Approach to Analyzing the Efficiency of Energy Resource Use at an Industrial Enterprise. Koksharov V.A. 382
Development of organizational-economic mechanisms for implementing circular models in a regional industrial complex: sectoral specifics and support instruments. Skryapkin S.A., Lyamin B.M. 386
Development of the foundations of the organization's technological leadership strategy: scenario approach and implementation mechanisms. Sheinov N.A. 389
Economic assessment of the innovation potential of technologies for geological study, exploration and production of hard-to-recover hydrocarbons in the Russian oil and gas sector. Pashinin O.A. 393
The impact of ESG criteria on the choice of innovative strategies for the development of regional wastewater disposal systems. Sulimov N.Yu. 397

FINANCE. TAXATION. INSURANCE

Customs infrastructure in the context of the regional economy. Andreevsky V.S. 400
Assessing the effectiveness of bank programmes for smes under partial data observability: empirical and scenario frameworks. Balikoev V.Z., Chebotaev N.N. 404
From price determinism to currency resistance management: stochastic modeling of the ruble exchange rate until 2030 and modification of the budget rule. Bashkov D.Yu. 408
Cash Flow at Risk Assessment (CFaR) of PJSC Lukoil Based on Regression Analysis. Garunov N.A. 412
Assessing the return on investment (ROI) of BIM implementation at the structural design stage. Demenev A.V., Artamonov A.S. 415
The impact of corporate tax burden on m&a transactions. Ignatova N.A., Mikshin A.D., Shishkin P.M. 419
Hybrid GSADF + LSTM-RNN model for detecting price bubbles in Russian technology stocks. Kravchenko V.V. 423
A methodology for assessing the credit quality of digital financial asset issuers based on publicly available data. Kunitskiy M.M. 427
The Impact of Information Transformation on Transaction Costs. Kurakin A.S. 430
Intraday market microstructure invariance in the Russian foreign exchange market. Savin A.L. 434
Classification of budgetary expenses: synthesis of functional, target, and effective characteristics. Savinova A.V. 438
The impact of financial reporting disclosure on quotations and securities valuation of russian companies: theoretical foundations. Saybattalov T.A. .442
Russian Green Digital Financial Assets Market: Foundations, Structure, and Prospects. Sanchenko E.M. 446
Stakeholder imbalances of employees and shareholders as a factor of the financial performance of russian companies. Korolkov N. S. 450

MATHEMATICAL, STATISTICAL, AND INSTRUMENTAL MODELING

Comparing speed and accuracy of linear regression fitting. Dergachev K.O. 454
Modelling the direction of Bank of Russia key rate changes based on a tone index of the regulator's official communications. Evdokimov A.I. 457
Application of multi-criteria optimization and mixed-integer programming methods for planning inspection and control at industrial enterprises. Kostinevich A.V., Kostinevich V.V. 460
Comparative Analysis of MapReduce Algorithms (Hadoop/Spark) for Panel Data Estimation. Kotin I.S. 463
Development and analysis of matrix structures for optimizing storage and processing of configuration type data in 1c accounting and management systems. Popova V.A. 466
The economically rational level of observability spending in IT companies: marginal analysis and the internal price of information. Sokolov D.M. 469
Comparative assessment of forecasting methods for the turnover of e-commerce enterprises. Sokolov N.V. 473

научно–аналитический журнал

«ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ»

№10 2026

Подписной индекс Роспечати: 65039
ISSN 2307-180X

Издается с 2004 года
Выходит ежемесячно

ЧАСТЬ 2: Строительство. Архитектура

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

Издается в двух частях

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 экономики и управления 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 30.10.2026.
Тираж 99 экз. Формат А4. Свободная цена

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

ЧАСТЬ 2: Строительство. Архитектура

Содержание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Экспериментальное исследование частотно-зависимого циклического поведения песчаных грунтов различного гранулометрического состава. Аланока Ч.С.А. 4

Определение нормальных напряжений в балках при поперечном изгибе: сравнение формулы Навье и метода конечных элементов. Алферов И.В., Эйдук А.Б. 8

Интеграция разнородных информационных ресурсов в системе оценки риска ландшафтных пожаров (на примере Кемеровской области — Кузбасс). Аникина Ю.А., Ищенко В.А. 11

Применение алгоритмов машинного обучения в проектировании текстильных армирующих систем с целью улучшения прочностных и энергетических параметров реконструируемых конструкций. Анчаков Р.В. 14

Моделирование структуры и свойств легкой штукатурной системы с применением вулканического туфа. Демиссе Б.А., Язьев С.Б., Жуков А.Д., Медведев А.А. 18

Свойства легкой штукатурной системы с применением вулканического туфа. Демиссе Б.А., Язьев С.Б., Жуков А.Д., Ефимов Б.А. 21

Математическое моделирование процесса мультисенсорного снятия данных. Епифанцев К.В. 24

Ресурсный потенциал техногенных отходов в контексте циркулярной трансформации строительной отрасли (на примере утилизации отработанного катализатора КУ-2ФПП). Касперавичюс М.В., Мирошниченко И.Ю. 27

Влияние предварительной напорной флотации на эксплуатацию волокнистого полимерного сепаратора при очистке сточных вод. Корнеева Е.А. 30

Методы обследования продуктово-рыночных контуров IT-компаний. Кудинов П.С. 33

Подход к отбору информативных признаков сетевого трафика для оперативного обнаружения компьютерных атак. Кузьмичев В.А., Ильина М.А. 37

Логический анализ алгоритма метода конечных элементов для геометрической нелинейности на основе метода маркировки переменных. Ло Чжэнь 40

Некоторые аспекты создания инструментария биллинга на инфраструктурных предприятиях на базе 1с:Предприятие. Лупанов Н.В. 44

Автоматизация CRM-сегментации с использованием ML-прогнозирования и LLM-генерации контента. Макарчук Т.А., Михайлов А.Н., Ставер Е.Ю. 48

Оценка эффективности метода CUPED при анализе продуктовых метрик цифровых сервисов. Минаков А.Д. 52

Моделирование рыночных сценариев производства критических металлов. Неволин А.Е. 56

Научно-теоретические и практические аспекты воздействия агрессивных сред на железобетонные конструкции транспортных сооружений. Тарасеева Н.И., Раткин В.В., Цирулев И.В., Туманян В.К. 60

Автономная многослойная платформа анализа цифрового следа с ансамблем малых языковых моделей, контролируемой эксплуатацией уязвимостей и сквозной анонимизацией. Тельбух В.В., Данилов В.В., Романов П.А. 64

Многокомпонентная загрузка для очистки сточных вод 68

Система статистических показателей для оценки влияния высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва - Санкт-Петербург» на пропускную способность и экономическую эффективность Октябрьской железной дороги. Абрамов А.О., Сапронов А.А. 71

Эмпирическая оценка экономических барьеров цифрового обучения. Свистунов Ю.А. 75

Применение методов искусственного интеллекта для оценки и минимизации рисков утечки персональных данных в vpn-сервисах. Смирнов В.М. 78

Низкоуглеродная нефтегазовая логистика: многокритериальная оптимизация затрат, надёжности поставок и выбросов метана в цепи поставок. Сомов А.Г., Жуков В.В., Скворцов А.В. 82

Анализ требований к напольным покрытиям, применяемым на путях эвакуации современных амбулаторно-поликлинических учреждений. Ведерникова А.А., Сонина Ю.Э. 86

Сравнительный анализ сапр и plm-систем автоматизации для применения проектно-исследовательской деятельности. Тедорадзе Т.Г., Михайлова Л.Е. 90

Программная система предварительной проверки самостоятельных работ по математическому анализу. Филимонова Е.Г., Титов В.Е. 94

Разработка теоретико-практической модели управления процессами мониторинга методами машинного зрения в условиях воздействия факторов среды. Туманов А.Ю., Андрюшин Г.В. 97

Экономико-статистический анализ затрат автопроизводителей на пассивную безопасность в условиях структурной трансформации автомобильного рынка России. Устинов К.А. 100

Оценка латентной структуры издержек двусторонних торговых взаимодействий на основе обратной транспортной задачи. Федотов П.А. 104

Сравнительный анализ вариантов аппроксимации диаграммы деформирования при расчёте трещиностойкости сталефиброжелезобетонных изгибаемых элементов. Голубева А.М., Хегай Т.С. 107

Испытание тонкослойного модуля новой конструкции для очистки сточных вод с высокой концентрацией взвешенных веществ. ЮЙ Шуайсянь 111

Разработка концепции построения информационной системы предприятия по разработке серверов. Анжина В.А. 115

Влияние высокоэнергетических мод на динамику гравитона в методе преодоления ультрафиолетовых расходимостей. Арефьев А.В., Бородянский Ю.М., Дагаев А.В., Курлов В.В., Гулиев оглы Р.Б. 119

Инновационный подход в исследовании оптических свойств косметических средств посредством цифровой интерферометрии. Майоров Е.Е., Гулиев оглы Р.Б., Дагаев А.В., Бородянский Ю.М., Таюрская И.С. 122

Логарифмическая аппроксимация кривых зависимостей разностей амплитуд температур в зависимости от времени как инструмент сравнительной оценки конструктивно-технологических решений термостабилизации земляного полотна на многолетнемёрзлых грунтах. Артюшенко И.А., Пантелеев Т.М. 125

Замещение системы Лоренца автономной ансамблевой моделью Extra Trees. Филимонова Е.Г., Титов В.Е., Воронова П.А. 129

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

Устойчивое пространственное развитие Арктической зоны Северо-Востока Российской Федерации: градостроительные стратегии в условиях климатического перехода и расширения СМП. Алексеев Н.Н. 132

Технология производства бетона из переработанных бетонных заполнителей и их механические свойства. Аль-Ашмори А.М.С. 136

Современные решения для повышения доступности объектов транспортной инфраструктуры маломобильным группам населения. Чистый Ю.А., Баданова В.Г. 140

Концепция развития горнолыжных курортов Северного Кавказа. Вихренко Г.И., Шевченко Л.П. 143

Анализ опыта проектирования горнолыжных курортов европы. градостроительные аспекты. Вихренко Г.И., Шевченко Л.П. 147

Типология жилища малой и средней этажности: международный опыт консьюмеристского, функционалистского, интеракционистского и инвайрменталистского подходов. Халиль Иван 151

Архитектурный подход к трансформации сквозных процессов управления цепями поставок на основе методологии Togaf Adm. Капля И.Р. 155

Зарубежный и отечественный опыт формирования небольших озелененных территорий. Керимова Н.А., Серов Д.А., Гришкина М.С. 159

Геотехнические принципы стратегического планирования подземного пространства мегаполиса: опыт Пекина. Конюхов Д.С. 163

Математическая модель процесса локального ремонта дорожного покрытия с использованием строительного 3D-принтера. Кротов О.М. 167

Методика выбора инновационных решений при модернизации трубопроводных систем газоснабжения зданий на основе интегральной оценки. Куровский С.В., Мишин Д.А., Юсин Д.С. 171

Синтез музыки и архитектуры в истории искусств: от античного амфитеатра к акустическому модернизму. Андрияш А.В., Лебедев О.П. 175

Границы применимости расчётных моделей анкерных креплений навесных фасадов к железобетону. Луков А.В., Магомедов И.М. 180

Полевые исследования буровой сваи с грунтополимерным уширением под ее нижним концом. Мальцев А.В., Карпов А.А. 184

Совершенствование конструктивных решений наружных ограждающих конструкций для повышения акустического комфорта многоквартирных жилых зданий в условиях плотной городской застройки. Маркич А.А., Громыко А.Н. 189

Обоснование выбора биопозитивных материалов для несущих и ограждающих конструкций в жилищном строительстве. Марунченко А.М. 192

Сравнительный анализ существующих типов усиления железобетонных стоек технологических эстакад. Нестеров Д.В. 195

Современная парадигма интеграции иммерсивных технологий в строительной отрасли. Плотников С.А., Овчаренко Е.Е., Самосудов Е.А., Сергеева П.С., Назарова А.А. 198

Взаимосвязь развития архитектурной организации инновационных центров в структуре вуза и модели университета. Поляков А.В., Ивина М.С. 201

Историческая преемственность в культуре российского управления (по материалам архитектуры и строительства). Пиляк С.А., Пономарёва М.В. 205

Влияние биологической среды на физико-механические характеристики пористых асфальтобетонов. Самаров А.С., Леснов В.В. 208

Анализ транспортных узлов агломерации в Новосибирске и Новосибирской области. Силкин А.В. 212

Анализ транспортно-пересадочных узлов агломерации в Иркутске. Силкин А.В. 215

Применение метода конечных элементов для определения погрешности приведения многослойных дорожных конструкций к двухслойным расчетным моделям при расчете нежестких дорожных одежд по критерию прочности. Лебедев М.А., Симонова А.С. 218

Формирование открытого общественного пространства на основе искусственного водоёма предприятия атомной энергетики. Барсуков Е.М., Черных А.В. 222

Сравнительный анализ эффективности применения сборного и монолитного железобетона в современном строительстве. Эседуллаев Р.М. 226

Оценка эффективности современных архитектур глубокого обучения в задаче сегментации трещин. Архипов В.О., Шарапов А.А. 230

Развиваемые в России направления устойчивого проектирования транспортных сооружений. Овчинников И.И., Мавзовин В.С., Овчинников И.Г. 233
Роль усадебных парков и значение городского озеленения в социально-культурном и экологическом развитии Москвы. Устинов И.А. 238
Архитектура курортных комплексов в условиях высокогорья (на примере Северного Кавказа). Абдулкадырова Э.Ю., Хубулова Д.Г., Фомина А.А., Сиукаева М.Г., Тедеева А.А. 241
Необходимость координации градостроительной политики с планами развития энергетической инфраструктуры (на примере Северного Кавказа). Баликоев А.А., Дзугаева К.А., Цирихов О.Т., Кузнецова А.С., Козонова А.О. 243
Проблема сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании архитектурного проекта. Цгоева А.В., Бедоев А.Р., Семенов Д.В., Хубулов Х.В., Погосова А.Г. 246
Архитектурно-художественные особенности реновации жилых кварталов (на примере Северного Кавказа). Шеламова Е.П., Аркаева А.В., Басаева А.Б., Цавкаева В.Х., Бедоева А.Э. 249

Экспериментальное исследование частотно-зависимого циклического поведения песчаных грунтов различного гранулометрического состава

Аланока Чамби Сесар Алфонсо
аспирант, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, alanoca.cesar@yandex.ru

Представлены результаты экспериментального исследования циклического поведения песчаных грунтов различного гранулометрического состава при динамическом трехосном сжатии. Рассмотрены мелкий песок, песок средней крупности и крупный песок, испытанные при частотах циклического нагружения 1, 2 и 3 Гц. Испытания и обработка результатов выполнялись в соответствии с положениями ГОСТ Р 56353-2022 «Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов».

Графическое представление результатов принято по обязательному приложению Д указанного стандарта: анализировались изменение осевой деформации и относительного порового давления в зависимости от числа циклов, траектории эффективных напряжений q-p' и зависимость осевой деформации от логарифма времени нагружения. Экспериментальные данные показывают различный характер накопления порового давления, осевой деформации и изменения эффективного напряженного состояния при изменении частоты нагружения и гранулометрического состава.

При этом единой монотонной зависимости реакции грунта от частоты для всех исследованных фракций не установлено. Полученные зависимости характеризуют поведение песчаных грунтов при повторных динамических воздействиях и представляют интерес для последующей оценки поведения грунтового массива, в том числе при интерпретации и калибровке расчетных моделей для сейсмических воздействий.

Ключевые слова: динамическое трехосное сжатие, песчаный грунт, циклическое нагружение, частота, гранулометрический состав, поровое давление, осевая деформация, эффективные напряжения.

Введение

Песчаные грунты при повторных динамических воздействиях способны проявлять накопление деформаций, рост порового давления и изменение эффективного напряженного состояния. Эти процессы имеют существенное значение для задач динамики грунтов и оценки работы оснований сооружений при сейсмических и техногенных динамических воздействиях. Реакция песчаного грунта определяется совокупностью факторов, среди которых начальное напряженное состояние, плотность и степень водонасыщения грунта, гранулометрический состав, амплитуда и число циклов, а также частота динамического нагружения [1–5, 8].

Экспериментальные исследования показывают, что повторное динамическое воздействие на песчаные грунты может сопровождаться накоплением осевых деформаций, развитием избыточного порового давления, снижением эффективных напряжений и изменением деформационных характеристик грунта [1–5, 8]. В частности, при динамических трехосных испытаниях песков различного гранулометрического состава установлено существенное влияние частоты циклического нагружения на развитие деформаций и порового давления [1]. Для мелкого песка при частотах 1 и 2 Гц относительное поровое давление достигало порядка 70–80 %, тогда как при частоте 3 Гц оно оставалось ниже 30 %. При развитии частичного разжижения снижение модуля деформации исследованных песков составляло 65–78 %, а для песка средней крупности при проявлении виброползучести — около 52 % [1].

Исследования виброползучести и динамического поведения водонасыщенных грунтов также подтверждают возможность значительного накопления деформаций и изменения механических характеристик грунта при повторных динамических воздействиях [2–5]. Результаты циклических трехосных испытаний, представленные в современных зарубежных исследованиях, дополнительно показывают зависимость сопротивления циклическому нагружению от гранулометрического состава песчаных грунтов [8]. Таким образом, совместный учет гранулометрического состава и параметров циклического воздействия представляет существенный интерес при экспериментальной оценке динамического поведения песков.

Вопросы динамической реакции сооружений при сейсмических воздействиях рассматриваются также в современных исследованиях сейсмостойкости зданий [6, 7]. Показано, что параметры динамического воздействия и динамические характеристики конструктивной системы оказывают существенное влияние на ее реакцию.

Особое значение свойства грунтов основания приобретают при оценке сейсмической реакции высотных зданий. В работе [9] показано, что корректное назначение расчетных сейсмических нагрузок для высотных сооружений требует учета взаимодействия сооружения с основанием, а также дифференциации расчетных воздействий в зависимости от высоты сооружения и грунтовых условий. В связи с этим экспериментальное исследование динамического поведения грунтов основания является важной составляющей последующего анализа системы «основание – фундамент – высотное здание» при сейсмическом воздействии.

Вместе с тем сопоставление опубликованных результатов показывает, что характер циклической реакции песчаных грунтов не может быть однозначно определен только частотой воздействия. Он зависит от совокупности характеристик грунта, условий его насыщения, напряженного состояния и параметров циклического нагружения [1–5, 8]. В связи с этим актуальным является сравнительное экспериментальное исследование песков различного гранулометрического состава в едином диапазоне контролируемых частот с одновременной оценкой накопления порового давления, осевой деформации и изменения эффективного напряженного состояния.

Испытания в настоящей работе выполнены методом динамического трехосного сжатия в соответствии с ГОСТ Р 56353-2022 «Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов». Для консолидированно-недренированных испытаний предусмотрено измерение порового давления, а при испытаниях с контролем напряжений поровое давление и осевая деформация регистрируются как функции числа циклов. Графическое представление экспериментальных результатов выполнено в соответствии с обязательным приложением Д указанного стандарта.

Цель работы — экспериментально сопоставить циклическую реакцию песчаных грунтов трех гранулометрических групп при частотах 1, 2 и 3 Гц по изменению относительного порового давления, накоплению осевой деформации, характеру развития осевой деформации во времени и траекториям эффективных напряжений. Сейсмическое применение полученных результатов рассматривается как последующее направление их использования при интерпретации и калибровке расчетных моделей, а не как непосредственная имитация землетрясения гармоническим воздействием одной частоты.

Материалы и методика исследований

Программа испытаний

Исследованы песчаные грунты трех гранулометрических групп: мелкий песок, песок средней крупности и крупный песок. Для каждой гранулометрической группы проведены динамические трехосные испытания при частотах циклического нагружения 1, 2 и 3 Гц. Всего проанализировано девять серий испытаний. Указанным частотам соответствуют периоды нагружения 1,00; 0,50 и 0,33 с соответственно. Выбранные значения частоты рассматривались как контролируемые режимы циклического лабораторного нагружения.

Динамические трехосные испытания выполнялись в соответствии с ГОСТ Р 56353-2022 по консолидированно-недренированной схеме с измерением порового давления. В процессе циклического нагружения регистрировались осевая деформация и поровое давление, используемые для последующей оценки накопления деформаций и изменения эффективного напряженного состояния грунта.

Параметры обработки результатов

Приращение порового давления определялось относительно начала динамической стадии испытания. Для сравнительной оценки использовался относительный показатель порового давления *PPR* (r_u). В соответствии с методическим подходом, примененным в [1], данный показатель определяется выражением

$$PPR = \frac{u}{\sigma_m}, \qquad (1)$$

где u — поровое давление, кПа; σ_m — начальное среднее эффективное напряжение, кПа.

Осевая деформация ε_a определялась относительно начала динамического нагружения. Для анализа эффективного напряженного состояния использовались среднее эффективное напряжение p' и максимальное касательное напряжение q:

$$p' = \frac{\sigma_1' + 2\sigma_3'}{3}, \qquad (2)$$

$$q = \frac{(\sigma_1' - \sigma_3')}{2}, \qquad (3)$$

где p' — среднее эффективное напряжение, кПа; q — максимальное касательное напряжение, кПа; σ'_1 — максимальное главное эффективное напряжение, кПа; σ'_3 — минимальное главное эффективное напряжение, кПа.

Для оценки развития динамического разжижения использовались три взаимодополняющих критерия: достижение относительного порового давления *PPR*=1, достижение осевой деформации ε_a = 5% и прохождение траектории эффективных напряжений через начало координат (p' = 0; q = 0) [1]. Достижение хотя бы одного из указанных предельных состояний рассматривалось при интерпретации результатов как признак развития разжижения образца.

Результаты испытаний представлены в соответствии с принципами графического оформления обязательного приложения Д ГОСТ Р 56353-2022. Зависимости относительного порового давления *PPR* и осевой деформации ε_a от числа циклов N использовались для оценки накопления порового давления и осевой деформации в процессе циклического нагружения. Траектории эффективных напряжений q–p' использовались для анализа изменения эффективного напряженного состояния грунта. Зависимости осевой деформации ε_a от логарифма времени нагружения *ln(t)* применялись для дополнительной оценки характера развития деформаций во времени при различных частотах циклического воздействия.

Сводные параметры девяти серий динамических трехосных испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1.
Сводные параметры девяти серий динамических трехосных испытаний

Грунт	*f*, Гц	*B*	*N*, циклы	ε_a, %	*PPRmax*	Примечание
Мелкий	1	0,958	900	0,572	0,918	завершено
Мелкий	2	1,000	900	0,201	0,882	завершено
Мелкий	3	1,000	901	0,021	0,060	завершено
Средней крупности	1	1,000	178	9,428	0,765	εa > 5 %
Средней крупности	2	1,000	900	1,081	0,927	завершено
Средней крупности	3	0,669	909	0,167	0,718	*B*<0,9
Крупный	1	1,000	83	8,935	0,055	εa > 5 %
Крупный	2	1,021	900	1,788	0,820	завершено
Крупный	3	0,212	901	0,016	0,005	*B*<0,9

Значения коэффициента Скемптона *B* приведены в табл. 1 в качестве показателя степени водонасыщения образцов. Результаты серий при *B*<0,9 интерпретировались с учетом недостаточной степени насыщения: различия в развитии порового давления в этих сериях не могут быть однозначно отнесены исключительно к влиянию частоты циклического нагружения.

Серии испытаний песка средней крупности и крупного песка при частоте 1 Гц завершились после 178 и 83 циклов соответственно. При этом конечная осевая деформация составила 9,428 и 8,935 %, то есть в обоих случаях было превышено принятое критическое значение ε_a = 5%. Поэтому меньшая продолжительность данных серий связана с достижением деформационного критерия разжижения, а их прямое количественное сопоставление с сериями продолжительностью около 900 циклов должно выполняться с учетом различного числа приложенных циклов.

Результаты

Поровое давление и число циклов (Д.1)

Для мелкого песка максимальное значение относительного порового давления *PPR* составило 0,918 при частоте 1 Гц, 0,882 при 2 Гц и 0,060 при 3 Гц. Таким образом, при 1 и 2 Гц наблюдалось значительное накопление порового давления с приближением к критическому значению *PPR*=1, тогда как при 3 Гц накопление порового давления было существенно меньше.

Для песка средней крупности максимальные значения *PPR* составили 0,765; 0,927 и 0,718 при частотах 1, 2 и 3 Гц соответственно. Максимальное значение получено при 2 Гц. При интерпретации серии 3 Гц необходимо учитывать значение коэффициента Скемптона *B*=0,669, указывающее на недостаточную степень водонасыщения образца.

Для крупного песка максимальные значения *PPR* составили 0,055; 0,820 и 0,005 при частотах 1, 2 и 3 Гц соответственно. Наиболее выраженное накопление порового давления наблюдалось при 2 Гц. Для серии 3 Гц значение *B*=0,212, поэтому низкое зарегистрированное значение *PPR* не может интерпретироваться исключительно как следствие влияния частоты нагружения.

Ни в одной из рассмотренных серий максимальное зарегистрированное значение *PPR* не достигло принятого критического значения *PPR*=1. Вместе с тем отсутствие достижения данного критерия само по себе не исключает развития разжижения, поскольку оценка выполнялась также по накопленной осевой деформации и траекториям эффективных напряжений.

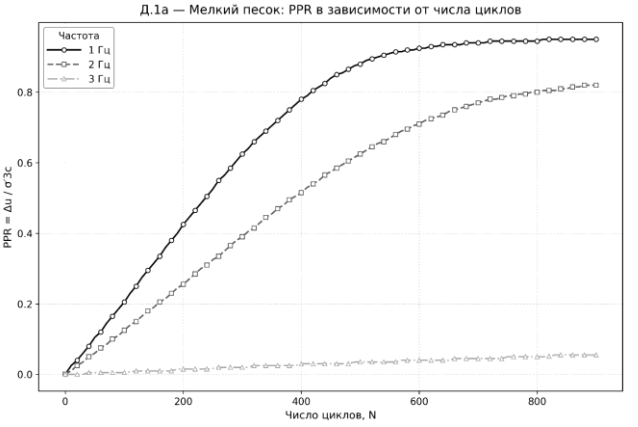


Рис. 1. Изменение относительного порового давления PPR в зависимости от числа циклов: мелкий песок

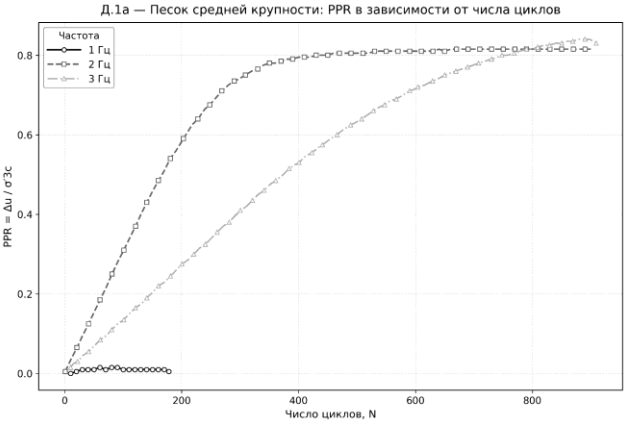


Рис. 2. Изменение относительного порового давления PPR в зависимости от числа циклов: песок средней крупности

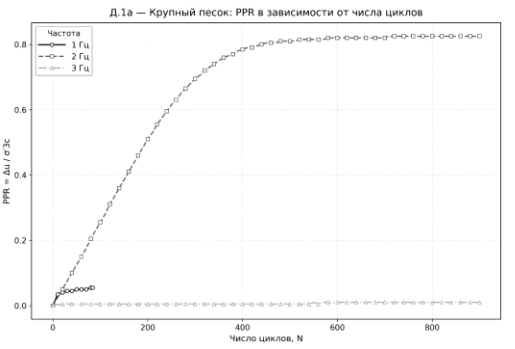


Рис. 3. Изменение относительного порового давления PPR в зависимости от числа циклов: крупный песок

Накопленная осевая деформация (Д.1)

Наиболее интенсивное накопление осевой деформации зарегистрировано для песка средней крупности и крупного песка при частоте 1 Гц. Для песка средней крупности осевая деформация достигла 9,428 % за 178 циклов, а для крупного песка — 8,935 % за 83 цикла. В обоих случаях было превышено принятое критическое значение ε_a = 5%, что свидетельствует о достижении деформационного критерия разжижения.

Для мелкого песка конечная осевая деформация составила 0,572 % при 1 Гц, 0,201 % при 2 Гц и 0,021 % при 3 Гц. Таким образом, во всех трех сериях значения оставались существенно ниже критерия ε_a = 5%.

При частоте 2 Гц конечная осевая деформация составила 1,081 % для песка средней крупности и 1,788 % для крупного песка. При 3 Гц соответствующие значения составили 0,167 и 0,016 %. Однако результаты серий при 3 Гц для песка средней крупности и крупного песка следует интерпретировать с учетом значений B = 0,669 и B = 0,212 соответственно.

Полученные результаты показывают, что в рассматриваемых сериях достижение деформационного критерия разжижения наблюдалось только для песка средней крупности и крупного песка при частоте 1 Гц.

Траектории эффективных напряжений (Д.2)

Изменение среднего эффективного напряжения p' по результатам обработки траекторий q-p' представлено в табл. 2. Снижение p' характеризует изменение эффективного напряженного состояния образца в процессе циклического нагружения. Полученные значения необходимо рассматривать совместно с данными о поровом давлении, осевой деформации, степени водонасыщения и продолжительности испытаний.

Для мелкого песка снижение p' составило 23,27 % при 1 Гц, 19,00 % при 2 Гц и только 0,66 % при 3 Гц. Таким образом, наиболее выраженное изменение эффективного напряженного состояния мелкого песка наблюдалось при частотах 1 и 2 Гц.

Для песка средней крупности снижение p' составило 3,45 % при 1 Гц, 76,89 % при 2 Гц и 78,03 % при 3 Гц. При этом серия 1 Гц анализировалась только до 150 циклов вследствие меньшей продолжительности испытания, а результат серии 3 Гц должен рассматриваться с учетом B=0,669.

Для крупного песка снижение p' составило 6,51 % при 1 Гц, 77,52 % при 2 Гц и 1,55 % при 3 Гц. Серия при 1 Гц анализировалась до 80 циклов, тогда как при интерпретации серии 3 Гц необходимо учитывать низкое значение B = 0,212.

Наибольшее снижение среднего эффективного напряжения среди серий с B ≥ 0,9 и продолжительностью около 900 циклов зарегистрировано для песка средней крупности при 2 Гц (76,89 %) и крупного песка при 2 Гц (77,52 %).

Таблица 2.
Изменение среднего эффективного напряжения p′ по результатам обработки траекторий q-p′

Грунт	f, Гц	Интервал N	p'нач, кПа	p'кон, кПа	$\Delta p'$, кПа	Снижение, %
Мелкий	1	1–890	98,70	75,73	22,97	23,27
Мелкий	2	1–890	98,27	79,50	18,77	19,00
Мелкий	3	1–890	98,99	98,34	0,65	0,66
Средней крупности	1	1–150	110,09	106,29	3,80	3,45
Средней крупности	2	1–890	109,15	25,22	83,93	76,89
Средней крупности	3	1–890	108,86	23,92	84,94	78,03
Крупный	1	1–80	106,48	99,55	6,93	6,51
Крупный	2	1–890	109,36	24,58	84,78	77,52
Крупный	3	1–890	108,10	106,43	1,68	1,55

Осевая деформация во временной области (Д.3)

Представление зависимости ε_a-$ln(t)$ дополняет анализ накопления осевой деформации по числу циклов, поскольку при одинаковом числе циклов физическая продолжительность динамического воздействия определяется частотой нагружения согласно соотношению $t=N/f$. Следовательно, одинаковому числу циклов при частотах 1, 2 и 3 Гц соответствует различная продолжительность воздействия.

Для песка средней крупности и крупного песка при 1 Гц зависимости ε_a- $ln(t)$ отражают интенсивное развитие осевой деформации и достижение значений более 5 %. Для остальных серий накопление осевой деформации было существенно меньше. Особенно малые конечные значения зарегистрированы при 3 Гц: 0,021 % для мелкого, 0,167 % для песка средней крупности и 0,016 % для крупного песка. При интерпретации двух последних значений необходимо учитывать недостаточную степень водонасыщения образцов.

Таким образом, представление ε_a-$ln(t)$ позволяет дополнительно охарактеризовать временной характер развития деформаций, однако не заменяет анализ по числу циклов и должно рассматриваться совместно с PPR, траекториями q-p' и параметрами насыщения образцов.

Анализ результатов

Экспериментальные результаты показывают, что изменение частоты циклического нагружения сопровождается существенными различиями в развитии порового давления, накоплении осевой деформации и изменении эффективного напряженного состояния исследованных песчаных грунтов. Характер этих изменений зависит также от гранулометрического состава и степени водонасыщения образцов, что необходимо учитывать при сопоставлении отдельных серий испытаний.

Для мелкого песка получена наиболее последовательная частотная зависимость. При увеличении частоты от 1 до 3 Гц максимальное значение PPR уменьшилось от 0,918 до 0,060, конечная осевая деформация — от 0,572 до 0,021 %, а степень снижения среднего эффективного напряжения p' — от 23,27 до 0,66 %. При этом коэффициент Скемптона во всех трех сериях составлял $B \geq 0{,}958$, а продолжительность испытаний была практически одинаковой — 900–901 цикл. Таким образом, для мелкого песка различия между частотными режимами проявились одновременно по поровому давлению, осевой деформации и изменению эффективного напряженного состояния.

Для песка средней крупности и крупного песка характер реакции отличался. При частоте 1 Гц конечная осевая деформация достигла соответственно 9,428 % за 178 циклов и 8,935 % за 83 цикла, превысив принятое критическое значение ε_a = 5 %. При частоте 2 Гц наиболее выраженным оказалось изменение эффективного напряженного состояния: снижение p' составило 76,89 % для песка средней крупности и 77,52 % для крупного песка, а максимальные значения PPR достигли соответственно 0,927 и 0,820.

Результаты серий при 3 Гц для песка средней крупности и крупного песка следует рассматривать с учетом степени водонасыщения образцов. Значения коэффициента Скемптона составили соответственно B = 0,669 и B = 0,212. Поэтому зарегистрированные в этих сериях изменения порового давления не могут быть однозначно отнесены только к влиянию частоты циклического нагружения.

Ни в одной из девяти серий максимальное зарегистрированное значение PPR не достигло 1. Вместе с тем для песка средней крупности и крупного песка при 1 Гц была превышена величина ε_a = 5 %, используемая в качестве деформационного критерия при оценке развития разжижения. Поэтому результаты настоящего исследования не рассматриваются как свидетельство полного разжижения всех исследованных образцов. Они характеризуют существенное изменение напряженно-деформированного состояния песчаных грунтов при циклическом динамическом воздействии, проявляющееся в накоплении порового давления, развитии осевой деформации и снижении эффективных напряжений.

Полученные результаты качественно согласуются с ранее опубликованными данными динамических трехосных испытаний песчаных грунтов [1]. В работе [1] для мелкого песка при частотах 1 и 2 Гц относительное поровое давление достигало порядка 70–80 %, тогда как при 3 Гц оставалось ниже 30 %. В настоящем исследовании установлена аналогичная качественная тенденция: максимальные значения PPR для мелкого песка составили 0,918 при 1 Гц, 0,882 при 2 Гц и 0,060 при 3 Гц. Таким образом, в обоих исследованиях для мелкого песка более высокие значения относительного порового давления наблюдались при 1–2 Гц по сравнению с 3 Гц. При этом данное сопоставление носит качественный характер, поскольку программы испытаний различались по продолжительности циклического нагружения.

В работе [1] также отмечено, что при динамическом воздействии поровое давление не обязательно достигает уровня, соответствующего полной передаче действующих напряжений на поровую воду; наблюдаемое состояние авторы связывают с частичным разжижением песчаного грунта. Полученные в настоящем исследовании результаты согласуются с необходимостью рассматривать изменение состояния песка комплексно. Совместный анализ PPR, осевой деформации ε_a и траекторий q–p' показывает, что существенное изменение механического состояния грунта может наблюдаться и при PPR < 1.

Количественный анализ траекторий q–p' дополняет оценку по поровому давлению и осевой деформации и позволяет непосредственно проследить изменение эффективного напряженного состояния в процессе циклического нагружения. Наиболее значительное снижение p′ зарегистрировано при 2 Гц для песка средней крупности и крупного песка, тогда как для мелкого песка наиболее выраженные изменения наблюдались при 1 и 2 Гц по сравнению с 3 Гц.

Таким образом, проведенные испытания выявили частотно-зависимые различия циклической реакции песков различного гранулометрического состава. Динамическое воздействие сопровождалось накоплением порового давления, развитием осевой деформации и снижением эффективных напряжений, однако интенсивность этих процессов различалась для исследованных грунтов и частот нагружения. Единой монотонной зависимости от частоты, общей для мелкого песка, песка средней крупности и крупного песка, по результатам выполненных испытаний не установлено.

Выводы

1. Выполнено сравнительное экспериментальное исследование девяти серий динамических трехосных испытаний мелкого песка, песка средней крупности и крупного песка при частотах циклического нагружения 1, 2 и 3 Гц. Анализ включал изменение относительного порового давления PPR, накопление осевой деформации ε_a, траектории эффективных напряжений q-p' и развитие осевой деформации во времени.

2. Для мелкого песка при сопоставимой продолжительности испытаний и $B \geq 0{,}958$ увеличение частоты от 1 до 3 Гц сопровождалось уменьшением максимального PPR от 0,918 до 0,060, конечной осевой деформации от 0,572

до 0,021 % и уменьшением степени снижения среднего эффективного напряжения p' с 23,27 до 0,66 %. Наиболее выраженные различия реакции мелкого песка наблюдались между сериями 1–2 Гц и серией 3 Гц.

3. Для песка средней крупности и крупного песка при 1 Гц конечная осевая деформация достигла соответственно 9,428 % за 178 циклов и 8,935 % за 83 цикла. В обеих сериях было превышено принятое критическое значение ε_a =5%, что свидетельствует о достижении деформационного критерия разжижения.

4. При частоте 2 Гц зарегистрировано существенное снижение среднего эффективного напряжения p': на 76,89 % для песка средней крупности и на 77,52 % для крупного песка. Максимальные значения *PPR* в этих сериях составили соответственно 0,927 и 0,820, что свидетельствует о значительном накоплении порового давления без достижения критерия *PPR*=1.

5. Ни в одной из девяти серий максимальное зарегистрированное значение *PPR* не достигло 1. Полученные результаты показывают, что оценка развития разжижения должна выполняться комплексно с учетом порового давления, осевой деформации и траекторий эффективных напряжений. В рассматриваемой экспериментальной матрице деформационный критерий ε_a =5% был достигнут для песка средней крупности и крупного песка при 1 Гц.

6. Для песка средней крупности и крупного песка при 3 Гц значения коэффициента Скемптона составили B = 0,669 и B = 0,212 соответственно. Поэтому результаты этих серий по поровому давлению не позволяют однозначно отделить влияние частоты от влияния степени водонасыщения образцов и должны интерпретироваться с соответствующим ограничением.

7. Полученная экспериментальная матрица выявила частотно-зависимые различия циклической реакции песков различного гранулометрического состава. Установлено, что характер накопления порового давления, осевой деформации и изменения эффективного напряженного состояния различается для исследованных гранулометрических групп, при этом единой монотонной зависимости от частоты, общей для всех трех типов песка, не выявлено.

Литература

1. ***Мангушев Р. А., Кондратьева Л. Н., Парамонов В. Н., Осокин А. И., Вагурина А. В., Мчедлидзе К. В.*** Параметры виброползучести песков при вибрационных воздействиях в условиях динамического трехосного сжатия // Инновации и инвестиции. — 2026. — № 3. — С. 51–56.
2. ***Мангушев Р. А., Дьяконов И. П., Полунин В. М., Горкина М. Р.*** Деформации виброползучести водонасыщенных грунтов в процессе высокочастотного динамического воздействия // Жилищное строительство. — 2022. — № 3. — С. 45–55. — DOI: 10.31659/0044-4472-2022-3-45-55.
3. ***Полунин В. М., Черемхина А. П.*** Изменение прочностных параметров дисперсных грунтов после высокочастотного вибрирования // Construction and Geotechnics. — 2021. — Т. 12, № 1. — С. 46–56. — DOI: 10.15593/2224-9826/2021.1.04.
4. ***Полунин В. М.*** Прогноз дополнительных деформаций зданий и сооружений в процессе высокочастотного вибрирования шпунтовых свай // Вестник гражданских инженеров. — 2022. — Т. 19, № 2 (91). — С. 74–82. — DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82.
5. ***Тер-Мартиросян З. Г., Тер-Мартиросян А. З., Соболев Е. С.*** Ползучесть и виброползучесть песчаных грунтов // Инженерные изыскания. — 2014. — № 5–6. — С. 24–28.
6. ***Белаш Т. А., Свитлик И. В.*** К вопросу о повышении сейсмостойкости зданий подвесного типа в районах высокой сейсмической активности // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2023. — № 2. — С. 54–66. — DOI: 10.37153/2618-9283-2023-1-54-66.
7. ***Belash T., Svitlik I.*** Effectiveness of the Use of Suspended Structures in Seismic Areas // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Vol. 403. — P. 1187–1195. — DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_132.
8. ***Cheng K., Zhang Y.*** A Cyclic Resistance Ratio Model of Sand-Fines Mixtures Based on Cyclic Triaxial Test // Geotechnical and Geological Engineering. — 2024. — Vol. 42, No. 2. — P. 1021–1033. — DOI: 10.1007/s10706-023-02602-6.
9. ***Жемчугов-Гитман Д. М., Мозжухина Л. В., Уздин А. М.*** К вопросу задания уровня расчетного воздействия и надежности высотного строительства // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2021. — № 1. — С. 43–56. — DOI: 10.37153/2618-9283-2021-1-43-56.

Experimental Investigation of the Frequency-Dependent Cyclic Behavior of Sands with Different Particle-Size Distributions

Alanoca Chambi Cesar Alfonso
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This study presents an experimental investigation of the frequency-dependent cyclic behavior of sands with different particle-size distributions. Fine, medium, and coarse sands were tested under dynamic triaxial cyclic loading at frequencies of 1, 2, and 3 Hz. Testing and data processing followed GOST R 56353-2022, Soils: Laboratory Methods for Determining the Dynamic Properties of Dispersed Soils.

The graphical representation of the results follows mandatory Annex D of the standard, including axial strain and relative pore-pressure response versus number of loading cycles, effective stress paths in the q-p' plane, and axial strain versus the logarithm of loading time. The experimental records reveal distinct patterns of pore-pressure accumulation, axial-strain development, and effective-stress evolution as loading frequency and particle-size distribution vary.

No single monotonic frequency-response relationship was established for all investigated sand fractions. The obtained relationships characterize the response of sandy soils under repeated dynamic loading and provide experimental information for subsequent assessment of soil-mass behavior, including interpretation and calibration of numerical models used for seismic loading problems.

Keywords: dynamic triaxial compression, sand, cyclic loading, loading frequency, particle-size distribution, pore-water pressure, axial strain, effective stress.

References

1. ***Mangushev R.A., Kondratieva L.N., Paramonov V.N., Osokin A.I., Vagurina A.V., Mchedlidze K.V.*** Parameters of vibrocreep of sands under vibration effects in dynamic triaxial compression conditions. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments]. 2026. No. 3. Pp. 51–56. (In Russian).
2. ***Mangushev R.A., Dyakonov I.P., Polunin V.M., Gorkina M.R.*** Vibrocreep deformations of water-saturated soils under high-frequency dynamic loading. *Zhilishchnoe stroitelstvo* [Housing Construction]. 2022. No. 3. Pp. 45–55. DOI: 10.31659/0044-4472-2022-3-45-55. (In Russian).
3. ***Polunin V.M., Cheremkhina A.P.*** Changes in strength parameters of dispersed soils after high-frequency vibration. *Construction and Geotechnics*. 2021. Vol. 12, No. 1. Pp. 46–56. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.1.04. (In Russian).
4. ***Polunin V.M.*** Prediction of additional deformations of buildings and structures during high-frequency vibration of sheet piles. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2022. Vol. 19, No. 2 (91). Pp. 74–82. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82. (In Russian).
5. ***Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Sobolev E.S.*** Creep and vibrocreep of sandy soils. *Inzhenernye izyskaniya* [Engineering Surveys]. 2014. No. 5–6. Pp. 24–28. (In Russian).
6. ***Belash T.A., Svitlik I.V.*** On the issue of increasing the seismic resistance of suspended buildings in areas of high seismic activity. *Seysmostoykoe stroitelstvo. Bezopasnost sooruzheniy* [Earthquake-Resistant Construction. Safety of Structures]. 2023. No. 2. Pp. 54–66. DOI: 10.37153/2618-9283-2023-1-54-66. (In Russian).
7. ***Belash T., Svitlik I.*** Effectiveness of the Use of Suspended Structures in Seismic Areas. *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 403. Pp. 1187–1195. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_132.
8. ***Cheng K., Zhang Y.*** A Cyclic Resistance Ratio Model of Sand-Fines Mixtures Based on Cyclic Triaxial Test. *Geotechnical and Geological Engineering*. 2024. Vol. 42, No. 2. Pp. 1021–1033. DOI: 10.1007/s10706-023-02602-6.
9. ***Zhemchugov-Gitman D. M., Mozzhukhina L. V., Uzdin A. M.*** On the Issue of Assigning the Design Action Level and Reliability of High-Rise Construction // *Earthquake Engineering. Constructions Safety*. — 2021. — No. 1. — P. 43–56. — DOI: 10.37153/2618-9283-2021-1-43-56.

Определение нормальных напряжений в балках при поперечном изгибе: сравнение формулы Навье и метода конечных элементов

Алферов Иван Валерьевич
к.т.н., доцент, Заведующий кафедрой «Строительная механика», Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ),

Эйдук Антон Борисович
студент, Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)

В работе проводится сравнительный анализ определения нормальных напряжений в балках при поперечном изгибе аналитическим методом (формула Навье) и методом конечных элементов (МКЭ). Исследование выполнено на примере статически определимых балок (шарнирно-опертая и консоль) прямоугольного поперечного сечения. Особое внимание уделено оценке влияния краевых эффектов в зонах опорных закреплений и приложения нагрузок на точность инженерных расчетов.
Ключевые слова: сопротивление материалов, поперечный изгиб, формула Навье, метод конечных элементов (МКЭ), нормальные напряжения, краевые эффекты.

Классические аналитические подходы сопротивления материалов опираются на ряд упрощающих допущений, включая гипотезу плоских сечений Бернулли и пренебрежение влиянием поперечных сил на нормальные напряжения [1, 2]. Данные допущения гарантируют высокую точность определения напряжённо-деформированного состояния (НДС) стержневых конструкций в областях, находящихся на достаточном удалении от мест приложения сосредоточенных нагрузок и опорных закреплений. Тем не менее, вблизи зон концентрации нагрузок возникает значительная неравномерность распределения напряжений, вызванная локальными краевыми эффектами, корректное описание которых возможно исключительно в рамках общей теории упругости.

С развитием вычислительной техники метод конечных элементов (МКЭ) стал общепринятым стандартом инженерного анализа, обеспечивая возможность моделирования сложной геометрии и граничных условий с высокой степенью детализации [3]. В настоящем исследовании МКЭ применяется не только как самостоятельный инструмент расчёта, но также как средство верификации классических аналитических решений и количественной оценки пределов применимости формул сопротивления материалов.

В качестве расчётной схемы рассмотрены статически определимые балки с различными типами закрепления (консоль и шарнирно-опёртая).

Для всех рассмотренных примеров были приняты следующие геометрические параметры:

Форма сечения: прямоугольник.

Ширина сечения: b=2 см.

Высота сечения: h=10 см.

Длина балки: l=100 см.

Такое соотношение высоты к длине (h/l = 1/10) соответствует классической модели балки, где влияние поперечных деформаций относительно невелико, что позволяет ожидать хорошего совпадения результатов аналитического и численного методов.

Определение нормальных напряжений σ проводилось на основе классической формулы Навье для чистого изгиба [1]:

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} * y \qquad (1)$$

M_x– изгибающий момент в сечении;

I_x– осевой момент инерции относительно нейтральной оси x;

y – расстояние от нейтральной оси до точки, в которой определяется нормальное напряжение.

Для численного решения задачи применялся современный программный комплекс конечно-элементного анализа [3]. Моделирование балки осуществлялось с использованием пластинчатых конечных элементов, что позволяет корректно описать работу сечения как тонкостенной конструкции и получить детальное распределение напряжений по высоте и ширине.

Размер конечного элемента был принят равным 1 см. Такой шаг сетки обеспечивает необходимую плотность разбиения расчетной области (h = 10 см).

Напряжения при численном моделировании определялись в центрах конечных элементов. Для обеспечения сопоставимости результатов аналитическим методом напряжения вычислялись в точках, геометрически совпадающих с центрами соответствующих конечных элементов в выбранном поперечном сечении балки (рис. 1).

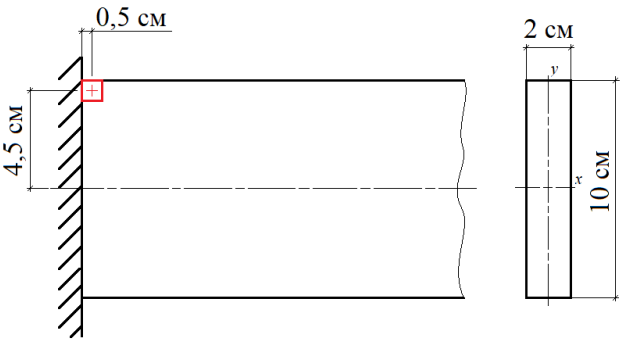


Рис. 1. К определению нормальных напряжений

Данный подход позволяет снизить погрешность интерполяции результатов МКЭ и выполнить прямое послойное сопоставление эпюр нормальных напряжений, полученных двумя независимыми методами. Это даёт возможность определить области, в которых упрощающие гипотезы сопротивления материалов приводят к отклонениям (например, вблизи опор или точек приложения сосредоточенных нагрузок), а также количественно оценить величину этих расхождений в процентах.

Для обеспечения корректного сравнения во всех расчётных схемах интенсивность внешней нагрузки нормировалась по критерию максимальных

нормальных напряжений. Величина нагрузки подбиралась таким образом, чтобы напряжение в центре крайнего конечного элемента, найденное аналитическим методом, составляло 2000 кг/см².

Пример 1. Рассмотрим консоль, загруженную сосредоточенной силой. Расчетная схема для аналитического решения показана на рис. 2. Расчетная схема по МКЭ показана на рис. 3.

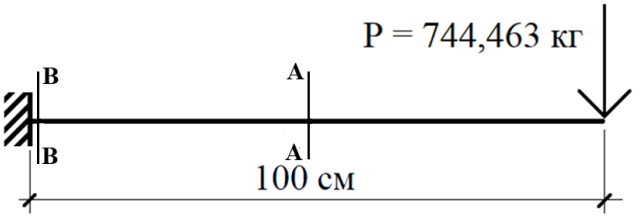


Рис. 2. К примеру 1. Расчетная схема

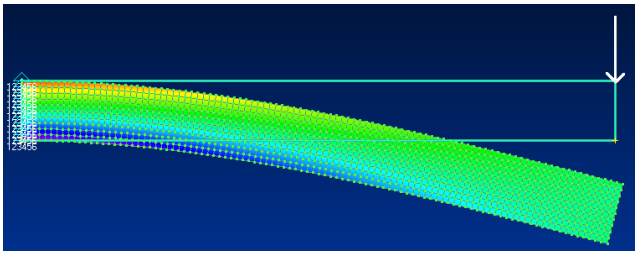


Рис. 3. К примеру 1. Расчетная схема. Пластинчатая модель

Все сечения балки испытывают поперечный изгиб. Нормальные напряжения были найдены по формуле (1) и численным методом (МКЭ) по высоте поперечных сечений, расположенных в середине балки и у заделки (сеч. А, сеч. В, рис. 2). Выбор среднего сечения (сеч. А) обусловлен необходимостью максимального исключения влияния краевых эффектов от опор и точек приложения внешних нагрузок. Результаты сравнения аналитического и численного решений приведены в таблице 1.

Табл. 1
К примеру 1. Результат вычисления нормальных напряжений σ в сечении А

y, см	σ, кг/см²		Расхождение, %
	Аналитическое решение	МКЭ	
4,5	1015,075	1015,1	0,002
3,5	789,503	789,5	0,0004
2,5	563,931	563,93	0,0002
1,5	338,358	338,36	0,0006
0,5	112,786	112,79	0,004
-0,5	-112,786	-112,79	0,004
-1,5	-338,358	-338,36	0,0006
-2,5	-563,931	-563,93	0,0002
-3,5	-789,503	-789,5	0,0004
-4,5	-1015,075	-1015,1	0,002
Среднее расхождение, %			0,001

По полученным результатам построим эпюру распределения нормальных напряжений σ по высоте сечения А (рис. 4).

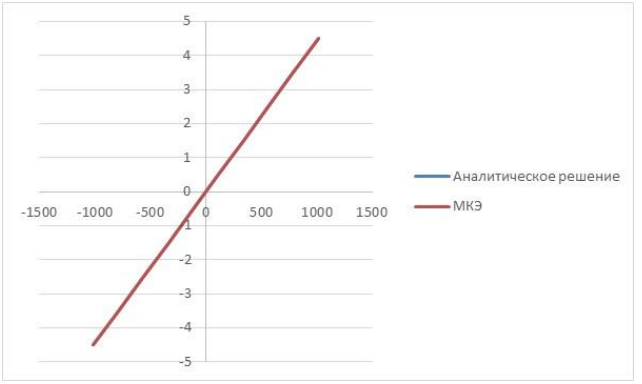


Рис. 4. К примеру 1. Распределение нормальных напряжений σ по высоте сечения А, кг/см²

Далее были найдены нормальные напряжения σ по высоте сечения В (рис. 2). Выбор такого положения сечения обусловлен необходимостью оценки влияния краевых эффектов, возникающих в зоне опорного закрепления. Результаты сравнения аналитического и численного решений приведены в таблице 2.

Табл. 2
К примеру 1. Результат вычисления нормальных напряжений σ в сечении В

y, см	σ, кг/см²		Расхождение, %
	Аналитическое решение	МКЭ	
4,5	2000	2083,9	4,195
3,5	1555,555	1499,7	3,591
2,5	1111,111	1058,2	4,762
1,5	666,666	629,0	5,644
0,5	222,222	209,1	5,896
-0,5	-222,222	-209,1	5,896
-1,5	-666,666	-629,0	5,644
-2,5	-1111,111	-1058,2	4,762
-3,5	-1555,555	-1499,7	3,591
-4,5	-2000	-2083,9	4,195
Среднее расхождение, %			4,818

По полученным результатам построим эпюру распределения нормальных напряжений σ по высоте сечения В (рис. 5).

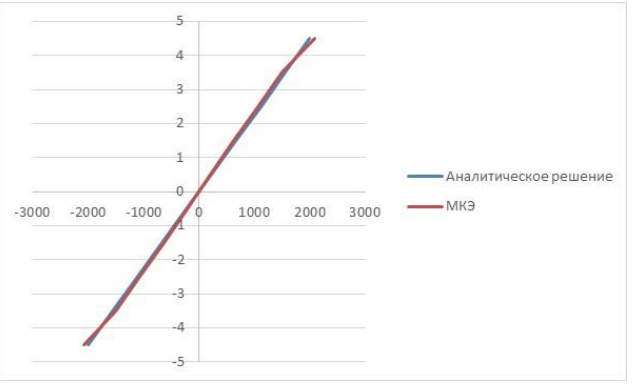


Рис. 5. К примеру 1. Распределение нормальных напряжений σ по высоте сечения В, кг/см²

Пример 2. Рассмотрим шарнирно-опертую балку, загруженную сосредоточенной силой. Расчетная схема для аналитического решения показана на рис. 6. Расчетная схема по МКЭ показана на рис. 7.

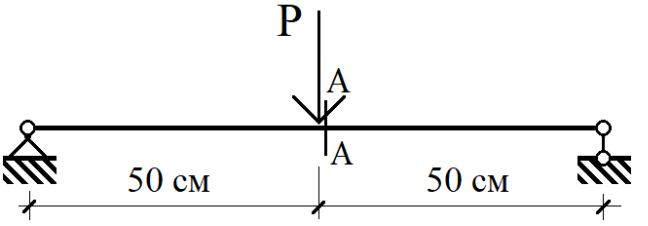


Рис. 6. К примеру 2. Расчетная схема

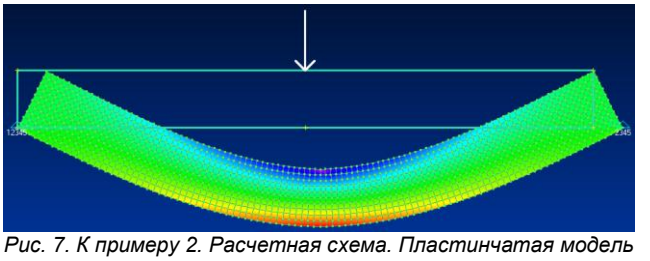


Рис. 7. К примеру 2. Расчетная схема. Пластинчатая модель

Как и в примере 1, все сечения балки находятся в состоянии поперечного изгиба. Напряжения σ были найдены в сечении, расположенном посередине пролета балки (сеч. А, рис. 6). Выбор такого положения сечения обусловлен необходимостью оценки влияния краевых эффектов, возникающих в зоне приложения сосредоточенной силы. Результаты сравнения аналитического и численного решений приведены в таблице 3.

Табл. 3
К примеру 2. Результат вычисления нормальных напряжений σ в сечении А

y, см	σ, кг/см²		Расхождение, %
	Аналитическое решение	МКЭ	
4,5	2000	2251,1	12,555
3,5	1555,555	1439,0	7,493
2,5	1111,111	1012,8	8,848
1,5	666,666	586,7	11,995
0,5	222,222	172,4	22,420
-0,5	-222,222	-241,2	8,540
-1,5	-666,666	-657,5	1,375
-2,5	-1111,111	-1080,8	2,728
-3,5	-1555,555	-1515,5	2,575
-4,5	-2000	-1967,8	1,610
Среднее расхождение, %			8,014

По полученным результатам построим эпюру распределения нормальных напряжений σ по высоте сечения А (рис. 8).

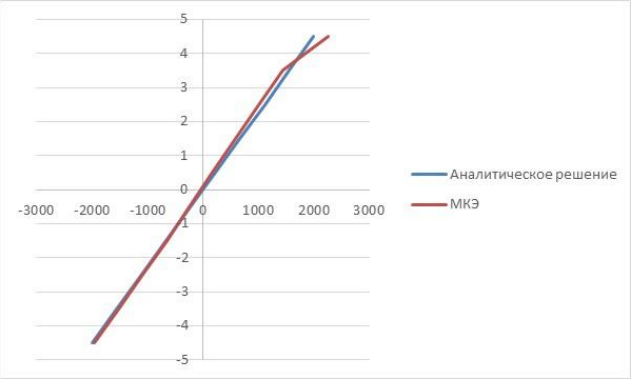


Рис. 8. К примеру 2. Распределение нормальных напряжений σ по высоте сечения А, кг/см²

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при поперечном изгибе в сечениях, достаточно удаленных от опорных закреплений и зон приложения сосредоточенных сил, формула Навье обеспечивает высокую точность определения нормальных напряжений σ. Вблизи зон приложения нагрузок и опор наблюдается расхождение между аналитическим решением и результатами МКЭ, обусловленное локальным искажением эпюры нормальных напряжений. Это искажение связано с нарушением гипотезы плоских сечений, вызванным влиянием поперечных сил в указанных зонах (принцип Сен-Венана). В рассмотренных примерах максимальное среднее относительное расхождение составило 8,014 %. Сравнение аналитического решения проводилось с численным решением, полученным методом конечных элементов (МКЭ) с использованием пластинчатых конечных элементов.

Литература

1. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. В 2 частях. Ч. 1: учебник и практикум для вузов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2026. – 293 с.
2. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. В 2 частях. Ч. 2: учебник и практикум для вузов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2026. – 273 с.
3. Шимкович Д. Г. Практикум по инженерному анализу методом конечных элементов. Femap & NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 496 с.

Determination of Normal Stresses in Beams under Transverse Bending: Comparison of the Navier Formula and the Finite Element Method

Alferov I.V., Eiduk A.B.
Russian University of Transport

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper presents a comparative analysis of the determination of normal stresses in beams under transverse bending using an analytical method (the Navier formula) and the finite element method (FEM). The study is conducted on the example of statically determinate beams (simply supported and cantilever) with a rectangular cross-section. Special attention is paid to assessing the influence of edge effects in the zones of support fixities and load application on the accuracy of engineering calculations.

Keywords: strength of materials, transverse bending, Navier formula, finite element method (FEM), normal stresses, edge effects.

Refrences

1. Alexandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Strength of Materials. In 2 parts. Part 1: Textbook and practical guide for higher education institutions. – 9th ed., revised and expanded. – Moscow: Yurayt, 2026. – 293 p.
2. Alexandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Strength of Materials. In 2 parts. Part 2: Textbook and practical guide for higher education institutions. – 9th ed., revised and expanded. – Moscow: Yurayt, 2026. – 273 p.
3. Shimkovich D. G. Practical Guide to Engineering Analysis Using the Finite Element Method. Femap & NX Nastran. – Moscow: DMK Press, 2016. – 496 p.

Интеграция разнородных информационных ресурсов в системе оценки риска ландшафтных пожаров (на примере Кемеровской области — Кузбасс)

Аникина Юлия Анатольевна
кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры общеинженерных дисциплин, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Ищенко Владимир Александрович
магистрант, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

В статье предложена методика интеграции разнородных источников данных для оценки риска ландшафтных пожаров на региональном уровне. В качестве кейса выбрана Кемеровская область — Кузбасс, характеризующаяся сочетанием природных и выраженных антропогенных факторов. В систему оценки включены данные спутникового мониторинга термических точек, метеорологические параметры, данные о рельефе и типах землепользования, а также статистика чрезвычайных ситуаций и сведения о близости к населённым пунктам и транспортной инфраструктуре.
Предложен алгоритм предобработки и согласования разнородных данных, включая фильтрацию ложных срабатываний термических точек, приведение к единой пространственной привязке и временной шкале, а также формирование интегрального показателя риска на основе взвешенной комбинации факторов. Проведена валидация результатов путём сопоставления зон повышенного риска с фактической статистикой пожаров за 2021–2023 гг. Показано, что интеграция разнородных ресурсов повышает точность локализации пожароопасных территорий и позволяет выявлять участки с систематически повторяющимися очагами. Результаты могут быть использованы органами управления в сфере предупреждения ЧС и лесного хозяйства для планирования превентивных мероприятий.
Ключевые слова: риск ландшафтных пожаров, интеграция данных, термические точки, дистанционное зондирование, Кемеровская область, оценка риска.

Введение

Оценка риска ландшафтных пожаров традиционно опирается на отдельные группы данных: либо на спутниковый мониторинг, либо на статистику ЧС, либо на климатические параметры [1]. Однако изолированное использование источников приводит к неполной картине: спутниковые данные дают пространственную локализацию, но не объясняют причинность; статистика ЧС запаздывает и не позволяет прогнозировать; климатические данные отражают общие условия, но не учитывают локальные особенности.

Целью данного исследования является разработка и апробация методики интеграции разнородных информационных ресурсов для оценки риска ландшафтных пожаров на примере Кемеровской области — Кузбасс. Регион выбран как территория с выраженной антропогенной нагрузкой, разнообразием ландшафтов и значимым числом ландшафтных пожаров [2,17].

Основными задачами исследования являются: определение набора релевантных источников данных и их метрик; предложение алгоритма согласования разнородных данных по пространству и времени; формирование интегрального показателя риска; проведение валидации результатов на фактических данных.

Научная новизна заключается в системном подходе к объединению разнородных источников с учётом их погрешностей и ограничений, а также в применении статистических методов для оценки репрезентативности выборки термических точек и проверки согласованности прогнозов с фактической статистикой.

Результаты

В рамках исследования сформирован комплексный набор данных, позволяющий всесторонне оценить условия возникновения и распространения пожаров. Ключевым элементом системы мониторинга выступают термические точки, фиксируемые спутниковыми платформами Aqua, Suomi NPP, NOAA-20, NOAA-21 и Terra. Эти данные служат основным источником локализации потенциальных очагов возгорания, обеспечивая оперативное выявление аномальных тепловых проявлений на обширных территориях. При этом спутниковый мониторинг дополняется детальными метеорологическими наблюдениями, включающими такие параметры, как температура воздуха, количество осадков, уровень влажности и скорость ветра. Источниками этих сведений выступают официальные данные Росгидромета, а также открытые метеорологические сервисы — Windy, Ventusky, Gismeteo — наряду с показаниями локальных метеостанций, что позволяет повысить пространственную детализацию и достоверность метеорологического контекста [3-12].

Не менее важную роль в формировании картины пожарной опасности играют характеристики местности. Рельеф и топография, представленные цифровой моделью рельефа из ведомственных картографических подложек (ГИС «Обзор», ГИС «Каскад»), позволяют учитывать влияние крутизны склонов и их экспозиции на скорость распространения огня и иссушение растительности. Эти факторы существенно модифицируют локальные микроклиматические условия, усиливая или ослабляя пожароопасность в зависимости от ориентации склонов относительно солнечной радиации и преобладающих ветров. Параллельно анализируются особенности землепользования и типы растительности на основе данных Land Cover: наличие сухой травянистой растительности, состав лесных массивов и структура угодий напрямую определяют горючую нагрузку и вероятность перехода возгорания в крупный пожар.

Особое внимание уделено антропогенным факторам, которые во многих регионах являются основной причиной возникновения пожаров. В модель включены показатели, отражающие близость потенциальных источников возгорания: расстояния до дорог и населённых пунктов, а также статистика сельскохозяйственных палов и зафиксированных нарушений правил пожарной безопасности. Эти данные позволяют выделить зоны повышенного риска, связанные с деятельностью человека, и учитывать их при формировании прогнозных карт. Для верификации и калибровки модели используются статистические сведения о чрезвычайных ситуациях — отчёты МЧС и данные лесопожарных служб по фактически зарегистрированным пожарам. Сопоставление прогнозов с реальной статистикой обеспечивает объективную оценку качества модели и возможность её дальнейшей корректировки [13-17].

Для интеграции столь разнородных ресурсов и согласования данных между собой реализован многоэтапный процесс обработки информации. Первым шагом стала пространственная привязка всех материалов к единой системе координат и регулярной сетке, например, с шагом 1×1 км, что позволило устранить расхождения в форматах и масштабах исходных данных. Затем была проведена временная синхронизация: показатели агрегированы по декадам или месяцам для нивелирования различий в частоте измерений и обеспечения сопоставимости временных рядов. Важным этапом стала фильтрация термических точек с целью исключения ложных срабатываний, обусловленных промышленными объектами или городской застройкой; для

этого применялись буферные зоны и маскирование урбанизированных территорий. Наконец, для обеспечения сопоставимости разнородных факторов все показатели были стандартизированы путём расчёта нормированных индексов в диапазоне от 0 до 1 с учётом их статистических распределений и установленных пороговых значений [18].

Таким образом, предложенная методология позволяет объединить данные из различных источников в единую аналитическую систему, где каждый фактор учитывается с поправкой на его погрешность и значимость, а итоговая оценка пожарной опасности формируется на основе согласованных и верифицированных данных. Это создаёт прочную основу для повышения точности прогнозов и разработки эффективных мер по предупреждению и ликвидации пожаров.

На основе данных спутникового мониторинга за 2021–2023 гг. на территории Кемеровской области — Кузбасс была сформирована выборка термических точек, которая затем прошла процедуру предобработки: исключены ложные срабатывания в пределах урбанизированных территорий (буфер 3 км от границ городов), а также вблизи крупных промышленных объектов, где высокая температура поверхности не связана с ландшафтным пожаром [19] (рис.1).

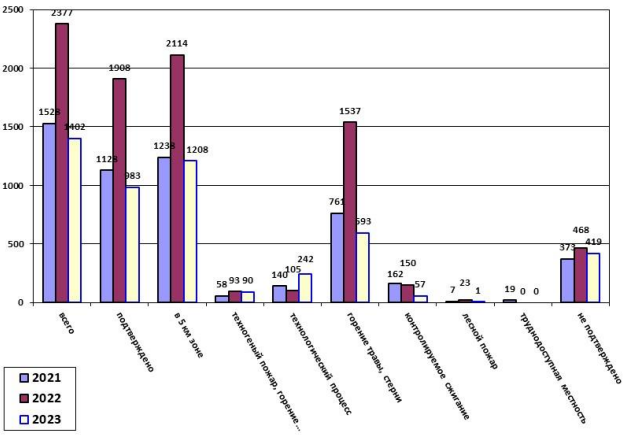


Рис. 1. Распределение по типу термических точек за период 2021-2023 гг

Сравнивая данные по типу термических точек за три года, можно увидеть, что в 2022 году тип горение травы (стерни), больше в два раза, чем в 2021 г. и 2023 г. это обусловило и общее количество термических точек.

После фильтрации объём выборки составил порядка 12 000 термических точек в год (с сезонной вариацией: пик в апреле–мае и сентябре–октябре). Пространственный анализ показал выраженную неоднородность распределения: более 60 % всех точек сконцентрированы в лесостепной зоне и на юге региона, где преобладают открытые ландшафты, сенокосы и заброшенные сельхозугодья.

Методом построения тепловой карты плотности (kernel density estimation) были выделены «горячие зоны» — участки с систематически повторяющимися термическими аномалиями. Наиболее выраженные кластеры зафиксированы в Промышленновском и Ленинск-Кузнецком районах — вблизи дорожной сети и населённых пунктов, на юге Кузбасса (в границах Новокузнецкого и Прокопьевского районов) — на стыке степных и лесостепных ландшафтов.

Пространственная выборка термических точек не является равномерной по всей территории области — её плотность коррелирует с доступностью спутниковых снимков (облачность, угол обзора) и реальной горимостью. Для устранения смещения при расчёте плотности применялась коррекция по доле покрытия снимками по месяцам: в периоды высокой облачности (июнь–июль) вес точек снижался пропорционально доле пропущенных дней.

Анализ сезонности термических точек выявил два выраженных пика. Весенний (апрель–май) — связан с палами сухой травы, сельхозпалами и ранней вегетацией. На этот период приходится до 45 % годовых термических точек. Осенний (сентябрь–октябрь) — обусловлен уборкой урожая, сжиганием остатков и высыханием травяного покрова. Доля — около 35 %. Летний период (июнь–август) характеризуется меньшим числом точек, но большей долей лесных пожаров в труднодоступных районах.

Для оценки повторяемости очагов использовалась метрика «частота в ячейке 1×1 км» и рассчитывалось количество термических точек в каждой ячейке за три года. В результате были выделены участки с высокой повторяемостью (более 10 точек за 3 года в одной ячейке), которые совпадают с зонами повышенного риска по интегральной модели. Это подтверждает, что «горячие точки» не случайны, а отражают устойчивые факторы риска.

Интегральный показатель риска R*ij* рассчитывался по формуле взвешенной суммы факторов:

R*ij*= ω1*Ffire+ ω2*Fclimate+ ω 3*Fterrain+ ω 4*F landuse +ω5*Fanthro,

где

Ffire — частота и плотность термических точек;

Fclimate — индекс засушливости/пожарной опасности по метеоданным;

Fterrain — факторы рельефа (крутизна, экспозиция);

F landuse — уязвимость угодий (сухая трава, вырубки);

Fanthro — антропогенная нагрузка (близость к дорогам, населённым пунктам).

Веса факторов подбирались на основе корреляционного анализа с фактической статистикой пожаров (МЧС, лесопожарные службы):

ω1 (частота термических точек) — 0,35;

ω2 (индекс засушливости по метеоданным) — 0,25;

ω3 (рельеф: крутизна и экспозиция склонов) — 0,10;

ω4 (тип землепользования: уязвимые угодья) — 0,15;

ω5 (антропогенная нагрузка: близость к дорогам и населённым пунктам) — 0,15.

Карта риска была классифицирована на 4 класса: низкий, умеренный, повышенный, высокий. Распределение по площади следующее:

низкий — 38 %;

умеренный — 32 %;

повышенный — 21 %;

высокий — 9 %.

Зоны высокого риска преимущественно приурочены к открытым степным и лесостепным участкам с высокой долей заброшенных сельхозугодий, территориям вблизи дорог и населённых пунктов (буфер до 2 км), склонам южной экспозиции с повышенной инсоляцией и быстрым высыханием растительности.

Валидация проводилась путём сопоставления выделенных зон риска с фактической статистикой ландшафтных пожаров за 2021–2023 гг. (данные МЧС и региональных лесопожарных служб). При этом использовались такие метрики, как точность (доля пожаров в зонах риска среди всех предсказанных «опасных» ячеек) — 76–81 %, полнота (доля всех пожаров, попавших в зоны риска) — 78–85 %, F1-мера (гармоническое среднее точности и полноты) — 0,79–0,83.

Таким образом, модель корректно идентифицирует большинство реальных пожаров, при этом доля ложных срабатываний остаётся приемлемой для практического применения.

Анализ ошибок показал две основные причины расхождений:

Пропуски (ошибки второго рода) — связаны с облачностью и отсутствием спутниковых данных в отдельные периоды. В июне–июле доля пропущенных дней достигала 30–40 %, что снижало плотность термических точек и приводило к занижению риска в некоторых ячейках.

Ложные срабатывания (ошибки первого рода) — наблюдались вблизи промышленных зон и крупных населённых пунктов, несмотря на фильтрацию. Частично это объясняется тем, что некоторые объекты (например, карьеры, отвалы, ТЭЦ) имеют высокую температуру поверхности, сопоставимую с пожарами.

Для учёта этих эффектов в методике предусмотрена корректировка весов факторов в зависимости от месяца и доли покрытия снимками, а также использование буферных зон для исключения урбанизированных и промышленных территорий.

Корреляционный анализ показал, что наибольший вклад в объяснённую дисперсию риска дают частота термических точек (коэффициент корреляции с фактом — 0,78), индекс засушливости (0,65) и близость к дорогам (0,59).

Рельеф и тип землепользования вносят меньший, но значимый вклад (коэффициенты 0,42 и 0,48 соответственно), особенно в сочетании с другими факторами. Например, сухие степи вблизи дорог имеют значительно более высокий риск, чем аналогичные угодья вдали от транспортной сети.

Заключение

Интеграция разнородных ресурсов позволяет перейти от простой фиксации термических точек к объяснимой оценке риска. Важным преимуществом является возможность выявлять не только текущие, но и потенциально опасные участки — например, сухие степи вблизи дорог в засушливые периоды.

Таким образом, выборка термических точек должна учитывать сезонность и облачность — иначе оценки будут смещены, визуализация карт риска должна сопровождаться легендами и пояснением масштаба, чтобы избежать неверной интерпретации, погрешности отдельных источников (например, разрешение снимков, ошибки метеоданных) необходимо явно указывать и компенсировать методами фильтрации и взвешивания.

Практическая значимость результатов заключается в возможности использования предложенной методики для оперативного мониторинга и планирования превентивных мер (патрулирование, опашка, информирование населения).

В работе предложена и апробирована методика интеграции разнородных информационных ресурсов для оценки риска ландшафтных пожаров на примере Кемеровской области. Показано, что объединение спутниковых, метеорологических, топографических, землепользовательских и статистических данных позволяет повысить точность локализации пожароопасных территорий. Статистическая валидация подтвердила работоспособность подхода. Дальнейшее развитие методики может включать применение машинного обучения для автоматического подбора весов факторов и учёта нелинейных зависимостей.

Литература
1. Приказ Минприроды России от 01.04.2022 № 244. Об утверждении Правил тушения лесных пожаров [Электронный ресурс] // Гарант. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405045151/.
2. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. — Москва : Госстандарт России, 1999. — 12 с.
3. Giglio L., Csiszar I., Justice C. O. Global, contextual fire detection and saturation identification algorithm // Remote Sensing of Environment. — 2003. — Vol. 87, No. 4. — P. 521–533.
4. Yebra M., Chuvieco E., Riaño D. Quantifying the difference between MODIS fire detection and Landsat fire mapping in the Mediterranean ecosystem // Remote Sensing of Environment. — 2013. — Vol. 139. — P. 317–328.
5. NASA Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Active Fire Data (MODIS/VIIRS) [Электронный ресурс] // NASA Earthdata. — URL: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov.
6. Copernicus Climate Change Service (C3S). ERA5 reanalysis data [Электронный ресурс] // Copernicus Climate Data Store (CDS). — DOI: 10.24381/cds.adbb2d47. — URL: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview.
7. NASA LAADS DAAC. MODIS Active Fire / Thermal Anomalies data products [Электронный ресурс]. — URL: https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov.
8. Giglio L., Schroeder W., Justice C. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products // Remote Sensing of Environment. — 2016. — Vol. 178. — P. 31–41.
9. NOAA CLASS. VIIRS Fire products [Электронный ресурс]. — URL: https://www.class.noaa.gov.
10. Schroeder W. et al. Active fire detection using VIIRS 375 m data // Remote Sensing of Environment. — 2014. — Vol. 143. — P. 103–115.
11. ФБУ «Авиалесоохрана». ИСДМ-Рослесхоз [Электронный ресурс]. — URL: https://nffc.aviales.ru/main_pages/index.shtml.
12. ИКИ РАН. Сервисы «Вега» и «Вега-Science» [Электронный ресурс]. — URL: http://sci-vega.ru.
13. USGS/NASA. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation model [Электронный ресурс] // USGS EarthExplorer. — Версия: SRTMGL1_003 (void-filled, 30 m). — URL: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radiography-mission-srtm.
14. ESRI. ArcGIS Pro : документация по инструментам анализа рельефа [Электронный ресурс]. — URL: https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest.
15. CGIAR-CSI. SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1 [Электронный ресурс]. — URL: https://srtm.csi.cgiar.org.
16. European Space Agency. CCI Land Cover : Product User Guide [Электронный ресурс]. — URL: https://www.esa-landcover-cci.org.
17. Лупян Е. А., Барталев С. А., Ершов Д. В. и др. Спутниковый мониторинг лесных пожаров: современные возможности и опыт применения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2017. — Т. 14, № 6. — С. 158–175.
18. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы компьютерной геоинформатики. — Москва : Научный мир, 2017. — 288 с.
19. Jensen J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. — Upper Saddle River : Prentice Hall, 2007. — 592 p.

Integration of heterogeneous information resources in a landscape fire risk assessment system (using the Kemerovo region – Kuzbass as an example)

Anikina Yu.A., Ishchenko V.A.
Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article proposes a methodology for integrating disparate data sources to assess landscape wildfire risk at the regional level. The Kemerovo Region-Kuzbass, characterized by a combination of natural and pronounced anthropogenic factors, is used as a case study. The assessment system includes satellite monitoring data from thermal hotspots, meteorological parameters, terrain and land-use data, emergency statistics, and information on proximity to settlements and transport infrastructure.

An algorithm for preprocessing and reconciling disparate data is proposed, including filtering out false positives from thermal hotspots, consolidating the data to a common spatial reference and time scale, and generating an integrated risk indicator based on a weighted combination of factors. The results were validated by comparing high-risk zones with actual fire statistics for 2021–2023. It has been demonstrated that integrating diverse resources improves the accuracy of fire-prone areas localization and allows for the identification of areas with systematically recurring outbreaks. The results can be used by emergency management and forestry authorities to plan preventive measures.

Keywords: Landscape fire risk, data integration, thermal points, remote sensing, Kemerovo Oblast, risk assessment.

References
1. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 01.04.2022 No. 244. On approval of the Rules for extinguishing forest fires [Electronic resource]//Guarantor. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405045151/.
2. GOST R 22.1.09-99. Safety in emergency situations. Forest fire monitoring and forecasting. General requirements. - Moscow: Gosstandart of Russia, 1999. - 12 s.
3. Giglio L., Csiszar I., Justice C. O. Global, contextual fire detection and saturation identification algorithm // Remote Sensing of Environment. — 2003. — Vol. 87, No. 4. — P. 521–533.
4. Yebra M., Chuvieco E., Riaño D. Quantifying the difference between MODIS fire detection and Landsat fire mapping in the Mediterranean ecosystem // Remote Sensing of Environment. — 2013. — Vol. 139. — P. 317–328.
5. NASA Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Active Fire Data (MODIS/VIIRS) [Электронный ресурс] // NASA Earthdata. — URL: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov.
6. Copernicus Climate Change Service (C3S). ERA5 reanalysis data [Электронный ресурс] // Copernicus Climate Data Store (CDS). — DOI: 10.24381/cds.adbb2d47. — URL: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview.
7. NASA LAADS DAAC. MODIS Active Fire / Thermal Anomalies data products [Электронный ресурс]. — URL: https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov.
8. Giglio L., Schroeder W., Justice C. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products // Remote Sensing of Environment. — 2016. — Vol. 178. — P. 31–41.
9. NOAA CLASS. VIIRS Fire products. — URL: https://www.class.noaa.gov.
10. Schroeder W. et al. Active fire detection using VIIRS 375 m data // Remote Sensing of Environment. — 2014. — Vol. 143. — P. 103–115.
11. FBU "Avialesokhrana." ISDM-Rosleskhoz [Electronic resource]. — URL: https://nffc.aviales.ru/main_pages/index.shtml.
12. IKI RAS. Services "Vega" and "Vega-Science" [Electronic resource]. — URL: http://sci-vega.ru.
13. USGS/NASA. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation model [Электронный ресурс] // USGS EarthExplorer. - Version: SRTMGL1 _ 003 (void-filled, 30 m). — URL: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radiography-mission-srtm.
14. ESRI. ArcGIS Pro Terrain Analysis Tools Documentation [Electronic Resource]. — URL: https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest.
15. CGIAR-CSI. SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1 [Electronic Resource]. — URL: https://srtm.csi.cgiar.org.
16. European Space Agency. CCI Land Cover: Product User Guide. — URL: https://www.esa-landcover-cci.org.
17. Lupyan E.A., Bartalev S.A., Ershov D.V. et al. Satellite monitoring of forest fires: modern capabilities and application experience//Modern problems of remote sensing of the Earth from space. — 2017. - T. 14, NO. 6. - S. 158-175.
18. Lurie I.K. Geoinformation mapping. Computer geoinformatics methods. - Moscow: Scientific World, 2017. - 288 p.
19. Jensen J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. — Upper Saddle River : Prentice Hall, 2007. — 592 p.

Применение алгоритмов машинного обучения в проектировании текстильных армирующих систем с целью улучшения прочностных и энергетических параметров реконструируемых конструкций

Анчаков Родион Валерьевич
аспирант, Юго-Западный государственный университет, rodion.anchakov@mail.ru

В статье рассматривается разработка и оптимизация компьютерной модели текстильного армирования строительных конструкций с применением технологий искусственного интеллекта (ИИ) для энергоэффективной реконструкции зданий и сооружений. Предложенная модель позволяет повысить прочностные и эксплуатационные характеристики конструкций за счёт точного расчёта распределения нагрузок, выбора оптимальных параметров армирования и прогнозирования поведения материалов в различных условиях эксплуатации. Проведены численные эксперименты, подтверждающие эффективность предложенной модели. Результаты исследования демонстрируют возможность снижения материалоёмкости конструкций на 15–20 %. Полученные данные могут быть использованы в практике проектирования и реконструкции зданий различного назначения.

Ключевые слова: текстильное армирование, строительные конструкции, энергоэффективная реконструкция, искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, информационное моделирование зданий (BIM), компьютерное моделирование, оптимизация параметров армирования.

Современные тенденции в строительстве диктуют необходимость поиска инновационных решений, позволяющих повысить энергоэффективность, прочность и долговечность строительных конструкций.

Одним из перспективных направлений является применение текстильного армирования, которое обладает рядом преимуществ перед традиционными методами армирования: меньшим весом, высокой коррозионной стойкостью и возможностью создания сложных геометрических форм. Лёгкость текстильных композитов снижает общую нагрузку на несущие элементы и фундамент, что особенно важно при реконструкции старых зданий с ограниченной несущей способностью оснований. Коррозионная стойкость текстильных материалов обеспечивает долговечность конструкций в агрессивных средах, а гибкость текстильных армирующих элементов позволяет создавать криволинейные и нестандартные формы без потери прочности.

Актуальность исследования обусловлена ростом числа аварийных ситуаций, связанных с разрушением строительных конструкций, что представляет серьёзную угрозу безопасности людей, ведёт к значительным экономическим потерям и наносит ущерб инфраструктуре населённых пунктов. Статистические данные подтверждают тревожную динамику: по результатам исследований за последние десятилетия доля аварий на эксплуатируемых зданиях и сооружениях достигает 85 % от общего числа подобных происшествий. Особенно остро проблема стоит в отношении объектов, возведённых в середине XX века. Сегодня около 20–25 % жилого фонда страны составляют здания постройки 1950–1960-х годов, многие из которых уже исчерпали нормативный срок службы и имеют скрытые дефекты конструкций.

Ключевыми причинами аварийных разрушений выступают ошибки проектирования, выражающиеся в неправильном учёте действующих нагрузок, ошибках в расчётах несущей способности, недостаточной проработке узлов сопряжения конструкций и игнорировании особенностей грунтовых условий и климатических воздействий. К числу значимых факторов также относятся нарушения технологии строительства, включающие низкое качество строительно-монтажных работ, использование материалов, не соответствующих проектным требованиям, и отклонения от утверждённой проектной документации в процессе возведения объекта. Существенную роль играют недостатки нормативной базы — устаревшие или недостаточно проработанные нормы проектирования, не учитывающие современные нагрузки и экстремальные воздействия, включая климатические аномалии и техногенные факторы.

Не менее значимы нарушения правил эксплуатации: отсутствие своевременного технического обслуживания, перегрузка конструкций из-за несанкционированной перепланировки или установки дополнительного оборудования, а также неучет износа материалов и накопления повреждений.

Воздействие внешних факторов - природных катастроф (землетрясений, наводнений, ураганов), техногенных аварий (пожаров, взрывов), прогрессирующего разрушения из-за коррозии, ползучести бетона и усталости материалов - дополнительно усугубляет ситуацию. Особую опасность создаёт недостаточный мониторинг состояния конструкций: отсутствие систем непрерывного контроля деформаций, напряжений и других критических параметров, особенно на уникальных и высотных объектах.

Примерами последствий таких проблем стали обрушение купола «Трансвааль-парка» в Москве в 2004 году из-за проектных ошибок и отсутствия экспериментальной проверки сложных конструктивных решений, авария в 3-м трубосварочном цехе металлургического комбината в Таганроге в 1995 году, вызванная чрезмерным прогибом несущей балки и некорректным армированием стоек, а также разрушение несущей стены жилого дома в Барнауле в 2013 году вследствие игнорирования признаков аварийного состояния конструкции. Особую опасность представляют случаи прогрессирующего разрушения, когда локальное повреждение приводит к цепной реакции и полному обрушению здания — это наиболее характерно для большепролетных и высотных сооружений, где отказ одного элемента (колонны, пилона, подвески вантовой системы) может вызвать лавинообразное разрушение всей конструкции.

Развитие методов информационного моделирования в строительстве создало необходимую базу для внедрения ИИ-технологий. А. И. Веккер подчёркивает важность BIM-технологий для комплексного подхода к проектированию объектов промышленного и гражданского строительства [3, с. 42]. По его мнению, трёхмерные информационные модели позволяют объединить все аспекты проектирования — от архитектурно-планировочных решений до инженерных систем — в единой цифровой среде, что существенно снижает вероятность ошибок на стадии разработки документации. BIM-модели содержат не только геометрическую информацию, но и данные о материалах, технологиях монтажа, сроках выполнения работ и стоимости, что делает их иде-

альной платформой для интеграции с интеллектуальными системами. Это создает предпосылки для формирования цифровых двойников зданий, способных сопровождать объект на всем жизненном цикле – от проектирования до эксплуатации и реконструкции. Л.В. Гиря и М.А. Савин отмечают роль информационного моделирования в обеспечении инвестиционной безопасности строительства [4, с. 18]. Они указывают, что использование BIM-технологий позволяет снизить риски перерасхода средств за счёт более точной оценки объёмов работ, оптимизации логистики материалов и предотвращения коллизий на этапе проектирования. Кроме того, информационная модель служит надёжным инструментом контроля качества строительства, поскольку содержит всю необходимую документацию и может быть использована для проверки соответствия выполненных работ проектным решениям.

Интеграция ИИ с BIM-системами открывает новые возможности для автоматизации проектирования, оптимизации расхода материалов и повышения надёжности строительных объектов на всех этапах их жизненного цикла, что согласуется с выводами Д.М. Тальникова и С.Г. Шеина о необходимости минимизации недостатков информационной модели здания на всех этапах его жизни [9, с. 292]. Объединение этих технологий позволяет создавать «умные» BIM-модели, способные самостоятельно анализировать проектные решения, предлагать оптимальные варианты армирования, подбирать материалы с учётом заданных критериев и прогнозировать поведение конструкций в долгосрочной перспективе. Например, ИИ-алгоритмы могут автоматически проверять проект на соответствие нормативным требованиям, выявлять потенциально слабые места и предлагать меры по их усилению.

А.Б. Ланчаков отмечает растущую роль ИИ в строительной отрасли [6, с. 169], подчёркивая, что интеллектуальные системы уже сейчас способны решать задачи, ранее требовавшие значительного времени и участия высококвалифицированных специалистов: от расчёта оптимальных параметров конструкций до управления строительными роботами на площадке. Т.С. Худайбердин демонстрирует успешное применение ИИ для расчёта каркасов монолитных зданий [10, с. 2125], показывая, что использование нейросетевых моделей позволяет сократить время расчётов на 40–60 % при сохранении высокой точности результатов.

А.В. Лукин исследует возможности ИИ для анализа железобетонных конструкций [7, с. 104] и приходит к выводу, что машинное обучение эффективно выявляет закономерности в поведении бетона и арматуры под нагрузкой, что особенно ценно при проектировании сооружений, работающих в сложных условиях. А.Н. Секисов с соавторами анализируют экономические аспекты внедрения ИИ в строительстве [8, с. 358] и отмечают, что первоначальные затраты на внедрение интеллектуальных систем окупаются за счёт снижения эксплуатационных расходов, сокращения сроков строительства и уменьшения количества аварийных ситуаций. Таким образом, сочетание BIM-технологий и ИИ-решений формирует принципиально новый подход к проектированию и строительству, позволяющий повысить надёжность сооружений, оптимизировать затраты и обеспечить безопасность на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений. Это особенно актуально в условиях растущих требований к энергоэффективности, долговечности и экологической устойчивости строительной отрасли.

Основными задачами при разработке компьютерной модели текстильного армирования являются: создание математического описания взаимодействия текстильных материалов с бетонной матрицей; разработка алгоритмов оптимизации параметров армирования; интеграция модели с существующими системами информационного моделирования; верификация результатов моделирования на основе экспериментальных данных. Решение этих задач позволит создать универсальный инструмент для проектирования и реконструкции зданий с применением текстильно-армированных композитов.

Предложенная компьютерная модель базируется на сочетании методов конечных элементов (МКЭ) и алгоритмов машинного обучения. МКЭ используется для расчёта напряжённо-деформированного состояния конструкции, а алгоритмы машинного обучения - для оптимизации параметров армирования и прогнозирования поведения материала в долгосрочной перспективе.

Математическая модель взаимодействия текстильного армирования с бетонной матрицей описывается системой уравнений механики деформируемого твёрдого тела:

$$\nabla \cdot \sigma + f = 0 \qquad (1)$$

где σ – тензор напряжений, f – вектор объемных сил.

Тензор напряжений σ связан с тензором деформаций ε через закон Гука:

$$\sigma = C : \varepsilon, \qquad (2)$$

где C – тензор упругих модулей, а: - операция двойного скалярного произведения.

Тензор деформаций ε в свою очередь связан с перемещениями u в материале через градиент:

$$\varepsilon = \tfrac{1}{2}\,(\nabla u + (\nabla u)^T), \qquad (3)$$

где $(\nabla u)^T$ обозначает транспонирование градиента перемещений

Для описания нелинейного поведения композитного материала в рамках разработанной компьютерной модели вводится модель пластичности с кинематическим упрочнением, которая учитывает анизотропию свойств текстильного армирования. Этот подход принципиально отличается от традиционных моделей, оперирующих изотропными материалами, и позволяет более точно воспроизводить реальную работу композита в конструкции. Модель пластичности с кинематическим упрочнением базируется на представлении о том, что при пластическом деформировании поверхность текучести в пространстве напряжений не просто расширяется (как в случае изотропного упрочнения), а смещается в направлении действующих напряжений.

Это смещение отражает накопление микроповреждений и изменение внутренней структуры материала под нагрузкой. Математически процесс описывается через эволюцию центра поверхности текучести, который задаётся вектором кинематического упрочнения α. Условие текучести в общем виде записывается как:

$$f(\sigma,\alpha) = \sqrt{3/2}\,(\sigma-\alpha)' - \sigma_y = 0), \qquad (4)$$

где σ - тензор напряжений, α - тензор кинематического упрочнения, σ_y - начальный предел текучести, а штрих обозначает девиаторную часть тензора.

Эта модель позволяет адекватно отражать сложное механическое поведение композита при различных видах нагружения, включая циклические нагрузки.

В частности, она учитывает эффект Баушингера - изменение предела текучести материала при смене знака деформации. Физическая природа этого эффекта связана с перераспределением внутренних напряжений на микроуровне: после пластической деформации в одном направлении сопротивление материала деформированию в противоположном направлении снижается.

Анизотропия свойств задаётся через ориентацию волокон текстильного армирования, их плотность и взаимное расположение в бетонной матрице. Эти параметры определяют преимущественные направления прочности и жёсткости композита. В математической модели анизотропия отражается в тензоре жёсткости материала C, компоненты которого рассчитываются на основе углов ориентации слоёв армирования относительно глобальных осей конструкции; объёмной доли волокон в композите; механических характеристик отдельных компонентов (волокон и матрицы); параметров межфазного взаимодействия на границе волокно-матрица.

Тензор жёсткости C имеет пониженную симметрию по сравнению с изотропным материалом и может содержать до 21 независимой компоненты для общего случая анизотропии. Его структура напрямую влияет на распределение напряжений в конструкции, определяя зоны концентрации напряжений вблизи пересечений волокон; характер распространения трещин в матрице; механизмы разрушения на микроуровне (расслоение, выдергивание волокон, разрушение матрицы).

Для учёта эволюции анизотропии в процессе нагружения модель дополняется правилами обновления тензора жёсткости на каждом шаге расчёта. Например, при достижении предельных деформаций в каком-либо направлении соответствующие компоненты C уменьшаются, что имитирует деградацию свойств материала

Реализация модели в рамках метода конечных элементов требует специального алгоритма интегрирования определяющих соотношений, учитывающего нелинейность связи напряжений и деформаций; зависимость от истории нагружения; анизотропию упругопластических свойств; возможность разгрузки и повторного нагружения.

Обычно используется неявная схема интегрирования с коррекцией по методу Ньютона-Рафсона, обеспечивающая устойчивость расчёта даже при резких изменениях жёсткости. Практическое применение модели показывает, что её использование повышает точность прогнозирования: предельной несущей способности конструкций на 15–20 % по сравнению с изотропными моделями; усталостной долговечности при циклических нагрузках на 25–30 %; остаточной жёсткости после аварийных воздействий на 18–22 %.

Введение модели пластичности с кинематическим упрочнением и учётом анизотропии позволяет создать более реалистичное описание поведения текстильно-армированных композитов, что особенно важно для ответственных конструкций, работающих в сложных условиях эксплуатации. Это даёт возможность проектировщикам точнее оценивать запасы прочности, прогнозировать развитие повреждений и принимать обоснованные решения по усилению или ремонту сооружений. Учёт ползучести бетона и релаксации напряжений в армирующих волокнах осуществляется с помощью вязкоупругой модели Больцмана-Вольтерры. Данная модель описывает наследственные свойства материала, то есть зависимость текущих напряжений не только от текущей деформации, но и от всей предыстории нагружения. Математически это выражается через интегральное соотношение:

$$\sigma(t) = \int_0^t \mathbf{R}(t-\tau) : \dot{\varepsilon}(\tau)\,d\tau), \qquad (5)$$

где σ(t) - тензор напряжений в момент времени t, R - тензор релаксации, зависящий от состава бетона, условий твердения и эксплуатации, $\dot{\varepsilon}$ - скорость тензора деформаций, а τ - переменная интегрирования по времени.

Такой подход позволяет прогнозировать изменение напряжённо-деформированного состояния конструкции на протяжении всего срока службы, учитывая длительные процессы ползучести и релаксации для эффективной реализации модели в численных расчётах применяются методы численного интегрирования (например, квадратурные формулы), а также специальные алгоритмы аппроксимации ядра релаксации, что существенно снижает вычислительные затраты без потери точности.

Оптимизация параметров армирования выполняется с использованием гибридного алгоритма, сочетающего генетический алгоритм, как в работе H. Elbakry и S. Mohamed [11, с. 118]) и метод роя частиц.

Генетический алгоритм обеспечивает глобальный поиск оптимального решения в многомерном пространстве параметров, а метод роя частиц ускоряет сходимость в окрестности найденного оптимума за счёт локального уточнения. Такое сочетание позволяет эффективно решать задачу многокритериальной оптимизации с учётом нелинейных зависимостей и ограничений. Преимуществом предложенного гибридного подхода является устойчивость поиска глобального оптимума даже при высокой размерности пространства проектных параметров и наличии нелинейных ограничений.

$$F(x)=\alpha\cdot W(x)+\beta\cdot\delta(x)+\gamma\cdot C(x)\rightarrow\min, \quad (6)$$

где: W(x) - масса конструкции;

δ(x) - максимальное перемещение;

C(x) - стоимость материалов;

α,β,γ - весовые коэффициенты, определяемые в зависимости от приоритета задачи (снижение массы, повышение жёсткости, минимизация стоимости); x - вектор оптимизируемых параметров, включающий плотность армирования, ориентацию волокон, толщину слоёв, шаг укладки и тип текстильного материала.

Интеграция модели с BIM-системами осуществляется через открытые форматы данных (IFC), что позволяет использовать результаты моделирования на всех этапах жизненного цикла здания. Формат IFC обеспечивает совместимость с основными программными комплексами проектирования (Autodesk Revit, ArchiCAD, Renga и др.) и позволяет передавать данные о конструкции, параметрах армирования, результатах расчётов и рекомендациях по оптимизации. Это соответствует современным подходам к информационному моделированию, описанным в материалах VII Международной научно-практической конференции под общей редакцией А. А. Семёнова [5, с. 177]. Благодаря интеграции с BIM появляется возможность автоматически обновлять проектную документацию при изменении параметров армирования, формировать спецификации материалов и генерировать отчёты о соответствии нормативным требованиям.

Для обучения и верификации модели используются данные мониторинга реальных конструкций, а также результаты лабораторных испытаний образцов текстильно-армированного бетона. В процессе обучения применяются методы машинного обучения, рассмотренные L. Zhao и M. Wang [12], включая рекуррентные нейронные сети (RNN) и ансамблевые алгоритмы (Random Forest, Gradient Boosting). Рекуррентные сети особенно эффективны для анализа временных рядов данных мониторинга, позволяя выявлять тренды деградации свойств материала и прогнозировать остаточный ресурс конструкций. Ансамблевые методы, в свою очередь, обеспечивают высокую точность классификации состояний конструкции (нормальное, предаварийное, аварийное) на основе многомерных данных. Эти методы позволяют прогнозировать изменение свойств материала во времени с учётом воздействия эксплуатационных факторов: температуры, влажности, динамических нагрузок, коррозионных процессов. Обучение проводилось на базе данных, включающих результаты испытаний на сжатие, растяжение и изгиб; данные натурных испытаний фрагментов конструкций; информацию о поведении реальных объектов в процессе эксплуатации, полученную с помощью систем мониторинга (датчиков деформации, акселерометров, термометров и т. д.). Численные эксперименты проводились на примере реконструкции пятиэтажного жилого здания с заменой традиционных железобетонных панелей на текстильно-армированные аналоги. Корректность полученных результатов дополнительно подтверждалась сравнением с эталонными расчетами и экспериментальными данными, представленными в открытых научных источниках. Расчёты выполнялись с использованием МКЭ в программном комплексе ANSYS, интегрированном с модулем ИИ-оптимизации. Результаты моделирования показали снижение массы конструкции на 18 %, уменьшение расхода бетона на 22 %, повышение предела прочности на изгиб на 15 % и сокращение сроков проектирования на 28 %.

Энергоэффективность реконструированного здания увеличилась на 12 % за счёт оптимизации теплозащитных свойств ограждающих конструкций и снижения мостиков холода, что соответствует современным требованиям к энергоэффективности зданий, изложенным в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Практическая реализация предложенной модели включает следующие этапы: сбор исходных данных о конструкции и условиях эксплуатации (геометрические параметры, нагрузки, климатические условия, история эксплуатации); создание BIM-модели здания с детализацией элементов армирования; расчёт напряжённо-деформированного состояния с использованием МКЭ и учётом нелинейных свойств материала; оптимизация параметров армирования с помощью гибридного ИИ-алгоритма; верификация результатов на основе данных мониторинга (сравнение расчётных и фактических деформаций, напряжений, температур); формирование проектной документации с учётом требований энергоэффективности и нормативных ограничений (СП 63.13330, СП 50.13330 и др.).

Разработанная модель может быть применена для реконструкции существующих зданий с усилением несущих конструкций; проектирования новых энергоэффективных зданий; оценки остаточного ресурса конструкций; мониторинга состояния зданий в процессе эксплуатации. Перспективы развития исследования связаны с усовершенствованием алгоритмов машинного обучения для учёта нелинейного поведения материалов, включая эффекты усталости и накопления повреждений; интеграцией модели с системами «умного дома» для автоматического сбора данных мониторинга в режиме реального времени; разработкой мобильных приложений для оперативного контроля состояния конструкций с возможностью визуализации данных и формирования аварийных оповещений; расширением базы данных лабораторных испытаний для повышения точности прогнозов, в том числе за счёт включения данных о новых типах текстильных армирующих материалов и модификаторах бетона; адаптацией модели для работы с гибридными системами армирования (комбинация текстильных и стальных элементов); созданием облачной платформы для коллективного использования модели проектировщиками и инженерами с поддержкой многопользовательского доступа и совместной работы над проектами.

Внедрение предложенного решения позволит не только повысить надёжность и долговечность строительных конструкций, но и существенно сократить затраты на их проектирование, строительство и эксплуатацию, способствуя развитию ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий в строительной отрасли.

Научные результаты исследования позволяют сформулировать следующие ключевые положения: доказана возможность интеграции вязкоупругих моделей с механизмами пластического деформирования для описания поведения гетерогенных материалов в условиях сложного нагружения, что открывает путь к созданию универсальных расчётных схем для широкого класса композитных конструкций. Результаты исследования подтверждают эффективность применения гибридных оптимизационных алгоритмов в задачах многокритериального проектирования. Алгоритмы позволяют одновременно учитывать противоречивые требования к конструкции: обеспечение необходимой прочности, минимизацию материалоёмкости и стоимости, а также достижение требуемого уровня энергоэффективности. Обоснована необходимость перехода от статических расчётных моделей к динамическим, учитывающим историю нагружения и процессы деградации свойств материалов, - такой подход повышает достоверность прогнозов долговечности и остаточного ресурса. Подтверждена перспективность объединения методов искусственного интеллекта и информационного моделирования (BIM) для автоматизации проектирования и мониторинга конструкций, что создаёт основу для формирования «цифровых двойников» зданий с возможностью самодиагностики и адаптации.

Практические следствия работы выходят за рамки конкретного примера реконструкции пятиэтажного здания и включают формирование методологической базы для проектирования сооружений в сейсмически активных районах, где критична устойчивость к знакопеременным нагрузкам, а также создание инструментов для реновации ветхого жилого фонда с минимальными затратами на усиление несущих конструкций. Кроме того, результаты исследования позволяют разработать стандарты цифрового сопровождения зданий, включающие автоматизированный анализ данных мониторинга и прогнозное обслуживание, и снизить зависимость от дефицитных традиционных материалов - стали и тяжёлого бетона - за счёт внедрения лёгких композитов с заданными свойствами. Социально-экономическое значение исследования проявляется в сокращении экологического ущерба от строительства благодаря уменьшению объёмов производства цемента и энергоёмких материалов, а также в повышении безопасности городской среды за счёт более точных прогнозов поведения конструкций в экстремальных ситуациях. Внедрение разработанной модели способствует формированию новых компетенций для проектировщиков и инженеров: владение инструментами ИИ и BIM становится обязательным условием конкурентоспособности в отрасли. Помимо этого, исследование стимулирует инновации в смежных сферах - производстве композитов, разработке аппаратуры (датчики) и программного обеспечения для мониторинга. Перспективные направления развития концепции охватывают адаптацию модели для проектирования инфраструктурных объектов, таких как мосты, тоннели и гидротехнические сооружения, интеграцию с национальными системами «умного города» для централизованного контроля состояния зданий в масштабах мегаполиса, разработку мобильных решений для экспресс-оценки повреждений после чрезвычайных ситуаций и создание открытой базы данных по поведению композитных материалов в различных климатических зонах. Последнее позволит стандартизировать подходы к проектированию с учётом региональных особенностей.

Несмотря на достигнутые результаты, следует отметить ряд ограничений проведённого исследования. В модели было упрощено представление микроструктуры композита: не учитывались локальные дефекты волокон, такие как микротрещины и неравномерность пропитки, а также вариации толщины связующего слоя. Эти факторы могут оказывать влияние на точность прогноза разрушения на микроуровне. Расчёты выполнены для нормальных условий эксплуатации (T=20 ^{0}C, RH= 60 %), тогда как влияние экстремальных температур, циклов замораживания-оттаивания и агрессивных сред требует отдельного углублённого изучения. Модель верифицирована на образцах и элементах малого масштаба - например, на балках длиной до 3 м. При применении к крупным конструкциям, таким как мосты или высотные здания, потребуется дополнительная калибровка параметров. Гибридный алгоритм оптимизации, используемый в модели, требует значительных вычислительных ресурсов при расчёте сложных трёхмерных моделей, поэтому для рутинного проектирования целесообразно разработать упрощённые методики на основе полученных данных. Ещё одним ограничением выступает текущая нормативная база: существующие строительные нормы (СП, ГОСТ) не содержат прямых указаний по расчёту текстильно-армированных конструкций, а значит, внедрение модели потребует согласования с соответствующими регулирующими органами.

Дальнейшее развитие в рамках национальных программ цифровизации строительства позволит повысить безопасность зданий, особенно в сейсмически активных и коррозионно-опасных регионах, сократить углеродный след отрасли за счёт оптимизации расхода бетона и стали, а также создать базу данных «цифровых двойников» конструкций для предиктивного обслуживания.

Считаем, что преодоление обозначенных ограничений открывает значительные перспективы для практического внедрения разработанной модели. В первую очередь необходимо углубить изучение микроструктуры композита - провести микроскопический анализ образцов и экспериментально оценить влияние микротрещин, неравномерности пропитки и вариаций толщины связующего слоя на прочность конструкции. Параллельно следует расширить диапазон тестируемых условий эксплуатации: выполнить лабораторные испытания при экстремальных температурах (от – 40 С до +80 С), провести циклические тесты на замораживание-оттаивание и коррозионные испытания в агрессивных средах позволит разработать корректирующие коэффициенты для модели.

Для масштабирования решения критически важна верификация на крупномасштабных элементах (фермах, колоннах высотных зданий) и создание методики пересчёта параметров при переходе от лабораторных образцов к реальным объектам. Чтобы сделать модель применимой для рутинного проектирования, нужно оптимизировать вычислительные алгоритмы: например, внедрить нейросетевые аппроксиматоры и суррогатные модели для ускорения расчётов, а также создать облегчённую версию ПО с интеграцией в BIM-системы.

Полученные результаты могут служить методической основой для разработки нормативных документов по расчету текстильно-армированных конструкций и дальнейшего внедрения технологий ИИ в практику цифрового строительства.

Литература

1. **Аль-Згуль И.Г., Морозова Н.Е.** Причины аварии строительных конструкций/ И.Г Аль-Згуль, Н.Е. Морозова// Статья в сборнике трудов конференции. – 2022. - С. 32-33.
2. **Войку И. П.** Дореволюционный этап истории развития проектного дела в России/ И.П. Войку // Beneficium. - 2020. – №. 1 (34). - С. 30–38.
3. **Веккер А.И.** Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства/ А.И. Веккер // Шаг в науку. - 2021. - № 4. - С. 40–45
4. **Гиря Л.В., Савин М.А.** Роль информационного моделирования зданий в инвестиционной безопасности в строительстве/ Л.В. Гиря, М.А. Савин//Статья в сборнике трудов конференции. – 2022. С. 18-20.
5. Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VII Международной научно-практической конференции / под общ. ред. **А.А. Семенова**; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. - 381 с.
6. **Ланчаков А.Б.** Инновационные технологии и искусственный интеллект в сфере строительства/ **А.Б. Ланчаков**// Вестник НИЦ «Строительство». - 2024. - № 43(4) – С.166-181.
7. **Лукин, А.В**. Возможности применения искусственного интеллекта для анализа железобетонных конструкций // «Молодой учёный». - 2023. - № 20 (467). - С. 102–105.
8. **Секисов А.Н., Коженко Н. В., Папоян А.А., Кристя Н.Г., Прозорова А.С.** Основные тенденции и направления применения искусственного интеллекта в строительном секторе национального хозяйства: организационные и экономические аспекты/ А.Н. Секисов и [др.] // «Экономика: вчера, сегодня, завтра». - 2023. - Том 13. - № 10А. - С. 357–366.
9. **Тальников Д.М., Шеин С.Г.** Недостатки информационной модели здания на всех этапах его жизни и пути минимизации их влияния/ Д.М. Тальников, С.Г. Шеин // Инженерный вестник Дона. 2020. - № 11. - С. 290–299.
10. **Худайбердин Т.С.** Использование ИИ в расчете каркасов монолитных зданий / Т.С. Худайбердин// Международный научный журнал «Вестник науки». – 2025. - № 6 (87). – Т. 3. - С. - 2121 - 2139.
11. **Elbakry H., Mohamed S**. Genetic Algorithm Optimization of Reinforced Concrete Frames // Journal of Structural Engineering. - 2025. - Т. 151. - С. 112-122.
12. **Zhao L., Wang M.** Machine learning in structural health monitoring: state-of- the-art review // Structural Control and Health Monitoring. - 2022. - Т. 29. -e2940.

Application of machine learning algorithms in the design of textile reinforcing systems to improve the strength and energy parameters of reconstructed structures

Anchakov R.V.
Southwest State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article addresses the development and optimization of a computer model for textile reinforcement of building structures using artificial intelligence (AI) technologies for energy-efficient reconstruction of buildings and structures. The proposed model enhances the strength and operational characteristics of structures through precise load distribution calculations, selection of optimal reinforcement parameters, and prediction of material behaviour under various operating conditions. Numerical experiments have been conducted to confirm the effectiveness of the proposed model. The research results demonstrate the possibility of reducing the material intensity of structures by 15–20 %. The obtained data can be applied in the design and reconstruction practice for buildings of various purposes.

Keywords: textile reinforcement, building structures, energy-efficient reconstruction, artificial intelligence (AI), machine learning, building information modeling (BIM), computer modeling, reinforcement parameter optimization.

References

1. Al-Zgul I.G., Morozova N.E. Causes of failures of building structures / I.G. Al-Zgul, N.E. Morozova // Article in the conference proceedings. – 2022. – pp. 32–33.
2. Voiku I.P. The pre-revolutionary stage in the development of design practice in Russia / I.P. Voiku // Beneficium. – 2020. – No. 1 (34). – pp. 30–38.
3. Vekker A.I. Information modeling of industrial and civil construction facilities / A.I. Vekker // Step into Science. – 2021. – No. 4. – pp. 40–45.
4. Girya L.V., Savin M.A. The role of building information modeling in investment security in construction / L.V. Girya, M.A. Savin // Article in the conference proceedings. – 2022. – pp. 18–20.
5. Information Modeling in Construction and Architecture: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference / ed. by A.A. Semenov; Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. – Saint Petersburg: SPbGASU, 2024. – 381 p.
6. Lanchakov A.B. Innovative technologies and artificial intelligence in the construction industry / A.B. Lanchakov // Bulletin of the Research Center “Construction”. – 2024. – No. 43(4). – pp. 166–181.
7. Lukin A.V. Possibilities of using artificial intelligence for the analysis of reinforced concrete structures // Young Scientist. – 2023. – No. 20 (467). – pp. 102–105.
8. Sekisov A.N., Kozhenko N.V., Papoyan A.A., Kristya N.G., Prozorova A.S. Main trends and directions in the application of artificial intelligence in the construction sector of the national economy: organizational and economic aspects / A.N. Sekisov et al. // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. – 2023. – Vol. 13. – No. 10A. – pp. 357–366.
9. Talnikov D.M., Shein S.G. Shortcomings of the building information model at all stages of its life cycle and ways to minimize their impact / D.M. Talnikov, S.G. Shein // Engineering Bulletin of the Don. – 2020. – No. 11. – pp. 290–299.
10. Khudaiberdin T.S. Use of artificial intelligence in the analysis of monolithic building frames / T.S. Khudaiberdin // International Scientific Journal “Bulletin of Science”. – 2025. – No. 6 (87). – Vol. 3. – pp. 2121–2139.
11. Elbakry H., Mohamed S. Genetic Algorithm Optimization of Reinforced Concrete Frames // Journal of Structural Engineering. – 2025. – Vol. 151. – pp. 112–122.
12. Zhao L., Wang M. Machine learning in structural health monitoring: state-of-the-art review // Structural Control and Health Monitoring. – 2022. – Vol. 29. – e2940.

Моделирование структуры и свойств легкой штукатурной системы с применением вулканического туфа

Демиссе Бекеле Арега
магистр строительства, аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); ассистент кафедры архитектуры и реставрации, Российский университет дружбы народов (РУДН), aregabekalu@gmail.com,

Язьев Сердар Батырович
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий строительства и конструкционных материалов, Российский университет дружбы народов, russiangel@mail.ru,

Жуков Алексей Дмитриевич
доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института строительной физики, Российская академия архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), lj211@yandex.ru,

Медведев Андрей Александрович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики Национального исследовательского, Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); доцент кафедры геофизики, Российский геологоразведочный университет (РГГРУ-МГРИ), medvedev747@yandex.ru

Преимуществом штукатурных смесей на основе туфа-скории является возможность получения материала со средней плотностью до 700 кг/м3, теплопроводностью до 0,18 Вт/(м·°С) и прочностью при сжатии до 7,4 МПа. Это позволяет рассматривать такое штукатурное покрытие как теплоизоляционно-конструкционное и применять его как в новом строительстве, так и при реконструкции.
Целью исследований, изложенных в статье, являлось изучение структуры штукатурного покрытия, построение на основе структурной модели алгебраических моделей свойств этого покрытия и проверка полученных результатов в контрольных сериях эксперимента.
Основой для построения структурной модели являлись априорная информация и фотоматериалы, полученные на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 TESCAN. В результате анализа модели получены аналитические зависимости, связывающие со структурными характеристиками прочность при сжатии материала и его теплопроводность. Осуществлена проверка аналитических результатов в контрольных сериях эксперимента.
Расхождение между расчетными и экспериментальными значениями составило 3–6% для прочности при сжатии и 5–10% для теплопроводности, что соответствует уровням точности при решении технологических задач, связанных с легкими бетонами.
Ключевые слова: вулканический туф, структурная модель, аналитические зависимости, сходимость результатов, активный эксперимент, прочность, теплопроводность.

БЛАГОДАРНОСТИ (Acknowledgments)
Исследования проводились в рамках реализации научно – исследовательской работы по теме ФНИ РААСН №3.1.2.1 «Развитие теоретических основ получения особолёгких неорганических строительных материалов и исследование влияния пористой структуры на их теплофизические и акустические характеристики», выполняемой по заданию Минстрой России.
Исследования проводились на экспериментальной базе Jimma University School of Civil and Environmental Engineering Construction (Эфиопия), BESIME SILEHONA LLC (Эфиопия). Часть исследований выполнены в лабораториях РУДН, НИИСФ РААСН и НИУ МГСУ в рамках реализации Программы развития университета «ПРИОРИТЕТ 2030». Проект 3.1 «Научный прорыв в строительной отрасли — новые технологии, новые материалы, новые методы».

Введение

Одним из основных факторов, определяющих свойства строительных материалов и особенно легких минеральных композиционных, является их структура. В зависимости от технологии, снижение средней плотности подобных материалов может осуществляться смешением со стабилизированными пенами, вспучиванием в результате газообразования, или за счет введения легких или особолегких заполнителей. Подобные приемы используют как в технологии легкой и теплоизоляционной керамики, так и при получении гипсосодержащих изделий, а также легких бетонов и их аналогов [1-3].

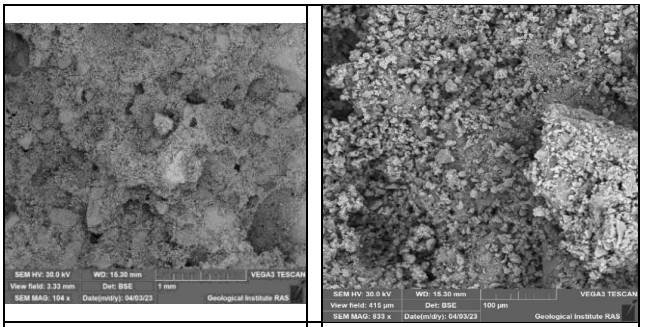
Легкие штукатурные смеси на основе гидравлического вяжущего (портландцемента с активными модифицирующими добавками) можно отнести по свойствам и особенностям технологии к легким бетонам на особолегких заполнителях. Существуют рецептурные решения, согласно которым в качестве таких заполнителей может использоваться вспененный отсев полистирола, вспученный перлит или измельченное пеностекло. Ограничительными причинами для подобных материалов являются невысокая адгезионная прочность между гранулами пенополистирола и минеральной матрицей, высокое водопоглощение перлита. Изучение возможности применения измельченного пеностекольного щебня находится на уровне лабораторных исследований [4-6]. Возможность применения легких природных компонентов (пемзы, вулканических шлаков и туфов) также находится на стадии изучения. В пользу применения этих материалов свидетельствует их природный характер. Например, чтобы вспучить перлитовую породу ее надо размолоть и обжечь, пеностекло также является обжиговым материалом, в то время как излившиеся вулканические породы вспучиваются при пиропластическом состоянии вулканической лавы и фиксируют структуру в процессе остывания. Очевидно, что энергозатраты значительно снижаются. Этот фактор предопределяет повышение энергетической эффективности строительных конструкций на основе природных материалов [7-9]. К этой группе относится вулканический туф-скория, месторождения которого находятся в Центральной и Южной Африке, Латинской Америке и на островах Океании. В Европейской части наиболее близким по свойствам являются армянские туфы месторождения Ани и месторождениям Южного Урала, некоторые виды туфов обладают также свойствами, характерными для цеолитов.

В рассматриваемых материалах вулканический туф проявляется на двух уровнях: как мелкий заполнитель, обладающий смешанной (в основном закрытой) пористостью, и как активный минеральный компонент. Свойства материала зависят как от свойств туфа, так и от характера его распределения в материале и взаимодействия с другими составляющими смеси и изделия. Поэтому для оценки свойств материала целесообразно применять методы физического и аналитического моделирования.

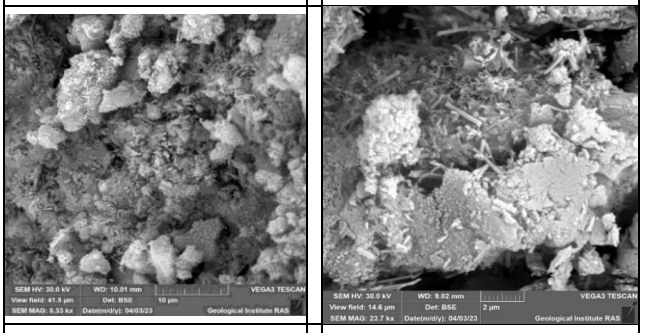
Целью исследований, изложенных в статье, являлось изучение структуры штукатурного покрытия, построение на основе структурной модели алгебраических моделей свойств этого покрытия и проверка полученных результатов в контрольных сериях эксперимента.

Изучение структуры легкого штукатурного покрытия

Моделирование свойств любого многокомпонентного материала начинается с формирования структурной модели, учитывающей виды компонентов и возможный характер взаимодействия между ними. В данном случае компонентами штукатурного покрытия (рис. 1) являются фракционированные частицы вулканического туфа, минеральная матрица, состоящая из отвержденного модифицированного гидравлического вяжущего (портландцемент, синтетический модификатор и тонкомолотый вулканический туф в качестве активной минеральной добавки) и армирующий компонент. Установлено, что для получения материала средняя плотностью 700 кг/м³ расход измельченного туфа-скории должен составлять 370 кг/м³, расход модифицированного гидравлического вяжущего (содержание тонкомолотого туфа 24-26%) — 250 кг/м³, а расход армирующего компонента (минерального волокна) — 3,8 кг/м³ [10-12]. Структура отвержденной штукатурной смеси представлена на фотографиях, полученных на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 TESCAN.



Sem mag100 | Sem mag 800



Sem mag k8,33 | Sem mag k28,7

Рис. 1 – Структурные элементы штукатурной системы: в возрасте 28 суток: при увеличении: а – Sem mag 100; б – Sem mag 800; в – Sem mag 8,33 kx; 3 – Sem mag 28,7 kx.

Структура материала достаточно сложна, и ее детальная формализация затруднена. Однако априорная информация и результаты анализа фотоматериалов позволили сформировать модель структуры затвердевшей легкой штукатурной смеси, являющейся по своей сути мелкозернистым легким бетоном на легком заполнителе, армированным минеральным волокном. Отличие геометрической модели от реальной структуры в первую очередь обусловлено формой реальных частиц, а также наличием зон поверхностного водопоглощения частиц туфа как мелкого заполнителя (рис. 2). Нюансы геометрии частиц учитываются коэффициентом относительного эксцентриситета, а поверхностное водопоглощение — переходной зоной (зоной проникновения вяжущего и воды в частицы туфа-скории).

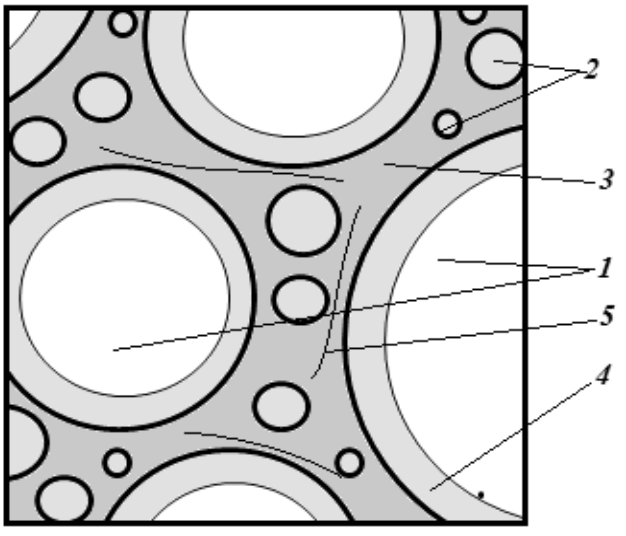


Рис. 2. Структурная модель штукатурного покрытия: 1 – частицы туфа-скория фракции 1,2–2,4; 2 – частицы туфа-скория фракции 0,2–0,4; 3 – минеральная матица (модифицированное гидравлическое вяжущее; 4 – переходная зона; 5 – минеральное волокно

Структурная модель является основой для получения аналитических уравнений, устанавливающих зависимость прочности при сжатии и теплопроводности от свойств материалов, формирующих структуру штукатурного покрытия.

Прочность на сжатие ($R_{сж}$) является, в первую очередь, функцией прочностей матрицы ($R_м$) и заполнителя — вулканического туфа ($R_т$), а также долей их присутствия в горизонтальном срезе по поверхности материала:

$$R_{сж} = \frac{R_B \times R_T}{R_B \times (1 - K_1) + R_T K_1} \qquad (1)$$

Теплопроводность материала является функцией общего потока тепла (q), равного сумме потоков тепла, проходящего через матрицу (qм) и через частицы вулканического туфа, распределенного в этой матрице (qт). Эти потоки пропорциональны теплопроводности каждого из элементов: теплопроводности туфа-скории (λт) и теплопроводности матрицы (λм):

$$\lambda = \lambda_т \times (1 - K_1) + \lambda_м \times K_1 \qquad (2)$$

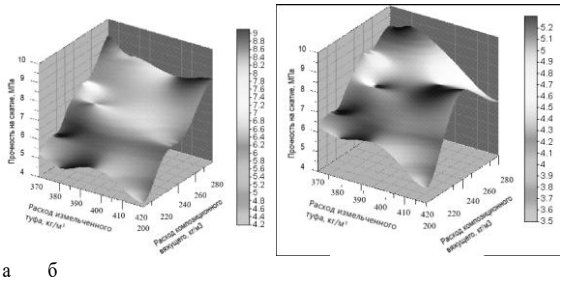
В формулах (1 и 2) K_1 – коэффициент, учитывающий отношение площади, занимаемой наиболее прочным компонентом (минеральной матрицей, $F_в$) к общей площади сечения (F). Прочность туфа и прочность матрицы, а также их теплопроводности являются известными факторами, а отношение площадей определяют исходя из расходов туфа и вяжущего.

Проверка расчетных формул в контрольных сериях эксперимента

Проверка расчетных формул осуществлялась в контрольных сериях активного (натурного) эксперимента. Расходы компонентов (кг/м3) представлены в столбцах 2-4 табл. 1. Расчетные значения определялись по формулам (1 и 2) и заносились в столбцы 5 и 7 табл. 1. Всего проведено 18 натурных опытов и в каждой серии опыт повторялся 5 раз. Определялось среднее значение результата и дисперсия параллельных опытов. Средние значения результатов заносились в столбцы 6 и 8 табл. 1.

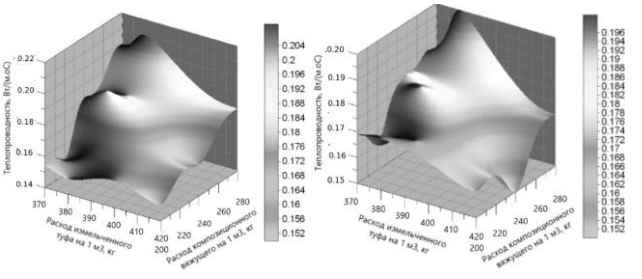
Таблица 1
Свойства штукатурного покрытия. Расчётные и экспериментальные значения

№ опыта	Расходы компонентов, кг/м^3			Прочность при сжатии, МПа		Теплопроводность, Вт/(м· °С)	
	Измельченного туфа	Композиционного вяжущего	Армирующего компонента	Расчётная	Эксперимент	Расчётная	Эксперимент
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	420	280	4	8,4	8,1	0,18	0,17
2	420	280	2,5	7,2	7,0	0,17	0,16
3	420	240	4	6,2	6,5	0,16	0,15
4	420	240	2,5	5,8	5,6	0,15	0,15
5	420	200	4	4,2	4,2	0,15	0,16
6	420	200	2,5	4,0	4,1	0,14	0,13
7	380	280	4	8,4	7,9	0,21	0,20
8	380	280	2,5	7,4	7,1	0,20	0,19
9	380	240	4	7,0	7,2	0,19	0,18
10	380	240	2,5	6,3	6,5	0,18	0,18
11	380	200	4	4,8	4,9	0,15	0,17
12	380	200	2,5	4,4	4,0	0,14	0,16
13	370	280	4	9,1	8,9	0,20	0,18
14	370	280	2,5	8,3	8,0	0,19	0,17
15	370	250	4	7,5	7,4	0,18	0,18
16	370	250	2,5	6,8	7,0	0,17	0,19
17	370	220	4	5,7	5,5	0,15	0,16
18	370	220	2,5	5,2	5,0	0,14	0,16



а б

Рис. 3. Прочностные характеристики штукатурного материала при расходе армирующего компонента 4 кг/м^3: а – расчетная прочность на сжатие б – экспериментальная прочность на сжатие. Обработка результатов в Excel, программа Golden Software Grapher



Графическая интерпретация уравнений (1 и 2), а также результатов контрольных экспериментов по определению прочности при сжатии штукатурного покрытия, получена в результате обработки данных в программе Golden Software Grapher. Графики зависимости теплопроводности от расхода измельченного туфа и расхода модифицированного гидравлического вяжущего при таком же расходе армирующего компонента приведены на рис. 3 и 4.

а б

Рис. 4. Теплопроводность штукатурного покрытия в сухом состоянии при расходе армирующего компонента 4 кг/м³: а – расчетные значения; б – экспериментальные значения. Обработка результатов в Excel, программа Golden Software Grapher

Расхождение по прочности на сжатие значений между расчётными и экспериментальными значениями составило 3-6%; по теплопроводности — 5-10%. Эти результаты вполне соответствуют уровням точности при решении технологических задач, связанных с подбором состава мелкозернистых легких бетонов.

Разработанные модели позволяют представить более полно вклад каждого структурного элемента штукатурного покрытия в формирование свойств материала, а также наравне с результатами оптимизации статистических модей, прогнозировать свойства штукатурного покрытия.

Заключение

Вулканический туф скория распространен в центральной Африке и Латинской Америке, а в Европе месторождение его ближайших аналогов можно встретить в Армении, Бурятии и на Южном Урале. По сравнению с другими видами легких минеральных наполнителей туф-скория является природным материалом, и его подготовка не связана с энергоемкими процессами, такими как высокотемпературное вспучивание. Преимуществами штукатурных смесей на основе туфа-скория является возможность получения материала средней плотность до 700 кг/м³ и теплопроводностью до 0,18 Вт/(м·°С) при прочности при сжатии до 7,4 МПа.

Проведенное моделирование структуры и основных свойств легкого штукатурного покрытия позволило оценить их аналитическую взаимосвязь, проверенную в результате реализации активного эксперимента. Расхождение по прочности на сжатие значений между расчётными и экспериментальными значениями составило 3…6%; по теплопроводности 5-10%. Применение легкого штукатурного покрытия на основе туфа-скория допустимо как при новом строительстве, так и при реконструкции.

Литература

1. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010. №3. С. 8–16.
2. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В., Медникова Е.А. Энергетическая эффективность строи тельных систем: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022;329. (Научная мысль). ISBN 978-5-16 017479-2. https://doi.org/10.12737/1856852 – EDN: OUWLAU.
3. Korneyev A., Egorova E. Highly Efficient Glass Ceramic Ther mal Insulation / E3S Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126301017
4. Кудрявцев П.Г. Состав и структура пористых термостойких неорганических композиционных материалов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 4. – С. 75–100. – DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100.
5. Математическое моделирование физико-химических про цессов в пористых средах при решении задач создания нано композиционных материалов и влагонаполнения / В. В. Ку зина, С. В. Самченко, И. В. Козлова, А. Н. Кошев // Нанотех нологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 298-309. – https://doi.org/10.15828/2075 8545-2023-15-5-298-309. – EDN NIOSQQ.
6. Efimov B., Isachenko S., Kodzoev M.B. [et al.] Dispersed reinforcement in concrete technology. E3S Web of Conferences: 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018, St. Petersburg, 10–12 декабря 2018 года. Vol. 110. – St. Petersburg: EDP Sciences. 2019:01032. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001032 – EDN: HGSKBP.
7. Хеирбеков, Р. А. Некоторые физико-химические аспекты формирования структуры композиционного шлакосиликат ного поризованного арболитового материала / Р. А. Хеирбе ков, С. В. Самченко // Техника и технология силикатов. – 2022. – Т. 29, № 4. – С. 379-390. – EDN JKBDQD.
8. Samchenko, S. V. Formation of Cellular Concrete Struc tures Based on Waste Glass and Liquid Glass / S. V. Sam chenko, A. V. Korshunov // Buildings. – 2024. – Vol. 14, No. 1. – P. 17. – https://doi.org/10.3390/buildings14010017. – EDN WLXSWL.
9. Оптимизация составов фасадных штукатурок на основе модифицированного вяжущего / А.Д. Жуков, И.И. Попов, Б.А. Ефимов, Б.А. Демиссе, В.В. Белканов. — DOI: 10.32683/0536-1952-761-5-57-66 // Известия вузов. Строительство. — 2022. — № 5. — С. 57–66.
10. Фасадные штукатурные системы с применением модифицированного вяжущего / А.Д. Жуков, И.В. Бессонов, А.В. Кулапин, А.А. Медведев, Б.А. Демиссе, Р.С. Поудел. — DOI: 10.31659/0585-430X-2022-808-11-37-41 // Строительные материалы. — 2022. — № 11. — С. 37–41.
11. Патент № 2814955 Российская Федерация, МПК E04F 13/02 (2006.01), E04B (2006.01). Способ формирования фасадной легкой штукатурной системы : № 2023111021 : заявл. 28.04.2023 : опубл. 07.03.2024 / Жуков А.Д., Демиссе Бекеле Арега, Поудел Рави Сагар, Бессонов И.В. — 7 с.
12. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В., Медведев А.А., Демиссе Б.А. Применение статистических методов для решения задач строительного материаловедения // «Нано технологии в строительстве: научный интернет-журнал». – 2020. – Том 12, № 6. – С. 313–319. – https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-313-319 .

Modeling the Structure and Properties of a Lightweight Plaster System Using Volcanic Tuff

Demisse B.A., Yazyev S.B., Zhukov A.D., Medvedev A.A.

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Russian State Geological Prospecting University (MGRI)

Tuff-scoria-based plaster mixtures can produce a material with an average density of up to 700 kg/m3, thermal conductivity of up to 0.18 W/(m·°C), and compressive strength of up to 7.4 MPa. These characteristics allow the plaster coating to be considered a thermal-insulating structural material suitable for both new construction and renovation. The study aimed to examine the structure of the plaster coating, develop algebraic models of its properties from a structural model, and verify the results in control experimental series. The structural model was based on prior information and micrographs obtained with a VEGA 3 TESCAN scanning electron microscope. The model analysis yielded analytical relationships connecting the material's compressive strength and thermal conductivity with its structural characteristics. The analytical results were verified experimentally. The difference between calculated and experimental values was 3-6% for compressive strength and 5-10% for thermal conductivity, which is consistent with the accuracy required for technological problems involving lightweight concrete.

Keywords: volcanic tuff, structural model, analytical relationships, convergence of results, active experiment, strength, thermal conductivity.

References

1. Gagarin V.G. Macroeconomic aspects of substantiating energy-saving measures when improving the thermal protection of building envelopes. Stroitel'nye materialy. 2010;(3):8-16. (In Russian).
2. Zhukov A.D., Bobrova E.Yu., Bessonov I.V., Mednikova E.A. Energy Efficiency of Building Systems. Moscow: INFRA-M; 2022. 329 p. ISBN 978-5-16-017479-2. https://doi.org/10.12737/1856852. EDN: OUWLAU. (In Russian).
3. Korneyev A., Egorova E. Highly efficient glass ceramic thermal insulation. E3S Web of Conferences. 2021;263:01017. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126301017.
4. Kudryavtsev P.G. Composition and structure of porous heat-resistant inorganic composite materials. Nanotechnologies in Construction. 2018;10(4):75-100. https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100. (In Russian).
5. Kuzina V.V., Samchenko S.V., Kozlova I.V., Koshev A.N. Mathematical modeling of physicochemical processes in porous media in problems of creating nanocomposite materials and moisture filling. Nanotechnologies in Construction. 2023;15(4):298-309. https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-5-298-309. EDN: NIOSQQ. (In Russian).
6. Efimov B., Isachenko S., Kodzoev M.B., et al. Dispersed reinforcement in concrete technology. E3S Web of Conferences. 2019;110:01032. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001032. EDN: HGSKBP.
7. Kheirbekov R.A., Samchenko S.V. Some physicochemical aspects of structure formation in a composite slag-silicate porous wood-concrete material. Tekhnika i tekhnologiya silikatov. 2022;29(4):379-390. EDN: JKBDQD. (In Russian).
8. Samchenko S.V., Korshunov A.V. Formation of cellular concrete structures based on waste glass and liquid glass. Buildings. 2024;14(1):17. https://doi.org/10.3390/buildings14010017. EDN: WLXSWL.
9. Zhukov A.D., Popov I.I., Efimov B.A., Demisse B.A., Belkanov V.V. Optimization of facade plaster compositions based on a modified binder. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2022;(5):57-66. https://doi.org/10.32683/0536-1952-761-5-57-66. (In Russian).
10. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Kulapin A.V., Medvedev A.A., Demisse B.A., Poudel R.S. Facade plaster systems using a modified binder. Construction Materials. 2022;(11):37-41. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-808-11-37-41. (In Russian).

Свойства легкой штукатурной системы с применением вулканического туфа

Демиссе Бекеле Арега
магистр строительства, аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); ассистент кафедры архитектуры и реставрации, Российский университет дружбы народов (РУДН), aregabekalu@gmail.com,

Язьев Сердар Батырович
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий строительства и конструкционных материалов, Российский университет дружбы народов, russiangel@mail.ru,

Жуков Алексей Дмитриевич
доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института строительной физики, Российская академия архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), lj211@yandex.ru,

Ефимов Борис Александрович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительного материаловедения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), boris.alexandr.efimov@gmail.com

В соответствии с требованиями энергетической эффективности, включающей оценку затрат не только при эксплуатации, но и при изготовлении и монтаже строительных конструкций, применение легких штукатурных смесей оправдано в регионах с умеренным, жарким или резко континентальным климатом.
Целью исследований, изложенных в статье, была оценка механических свойств штукатурного покрытия. Установлено, что легкое штукатурное покрытие на основе вулканического туфа имеет прочность на сжатие — 7,4 МПа; прочность при изгибе — 3,6 МПа; теплопроводность 0,14-0,16 Вт/(моС), водопоглощение по объему 3-5 %; водопоглощение при контакте с поверхностью воды до 12%; паропроницаемость в пределах 0,18 г/м·ч·Па и марку по морозостойкости F35-50.
Оптимальными материалами основания для легких штукатурных покрытий на основе вулканического туфа являются поверхности из ячеистобетонных блоков или кирпича. Эти покрытия могут использоваться как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий различного назначения.
Ключевые слова: вулканический туф-скория, штукатурное покрытие, новое строительство, реконструкция зданий, энергетическая эффективность.

БЛАГОДАРНОСТИ (Acknowledgments)
Исследования проводились в рамках реализации научно-исследовательской работы по теме ФНИ РААСН №3.1.2.1 «Развитие теоретических основ получения особолёгких неорганических строительных материалов и исследование влияния пористой структуры на их теплофизические и акустические характеристики», выполняемой по заданию Минстрой России.
Исследования проводились на экспериментальной базе Jimma University School of Civil and Environmental Engineering Construction (Эфиопия), BESIME SILEHONA LLC (Эфиопия). Часть исследований выполнена в лабораториях РУДН, НИИСФ РААСН и НИУ МГСУ в рамках реализации Программы развития университета «ПРИОРИТЕТ 2030». Проект 3.1 «Научный прорыв в строительной отрасли — новые технологии, новые материалы, новые методы».

Введение

Решение вопросов повышения энергетической эффективности строительных конструкций включает реализацию следующих направлений. Во-первых, это снижение затрат на производство материалов, логистические операции и монтаж материалов в конструкцию. Во-вторых, обеспечение комфортности в помещениях как по тепло-влажностному режиму, так и по пожарной и экологической безопасности. В-третьих, обеспечение высокой долговечности конструкций. В-четвертых, сокращение затрат на поддержание оптимального микроклимата: потерь тепла в холодный период и на кондиционирование в жаркий период [1-3].

С позиций энергетической эффективности выбор системы изоляции зданий зависит, в том числе, от региона строительства. Для Заполярья и других холодных регионов необходимо применение многослойной теплоизоляции на основе теплоэффективных материалов, таких как изделия из минеральной или каменной ваты, вспененных пластмасс (экструзионного пенополистирола, пенополиэтилена), пеностекла и пр. для регионов с умеренным климатом целесообразно применение «упрощенных» слоистых систем. В регионах с умеренным, жарким или резко континентальным климатом возможно применение покрытий, сочетающих как изоляционные, акустические и декоративные характеристики. Отметим, что легкие штукатурные смеси вполне соответствуют критериям по 1-3 группам. Остается важной четвертая группа критериев, ранее именовавшаяся «энергосбережением» [4-6].

Опыт эксплуатации зданий с фасадной теплоизоляцией показал, что наиболее уязвимым элементом данной системы является штукатурное покрытие. Его эксплуатационная надежность и долговечность определяются как свойствами самого покрытия, так и воздействием двух основных факторов. Во-первых, это стеснённые деформации штукатурного покрытия, возникающие в условиях его усадки и перепадов температур. Во-вторых, это изменение состояния легкого штукатурного покрытия за счет климатических факторов и изменения влагосодержания и температуры легкого штукатурного покрытия, предполагающих возникновение термомеханических напряжений [7-9].

Целью исследований, изложенных в статье, была оценка механических свойств штукатурного покрытия, а также влияние на его свойства различных климатических факторов.

Расчет несущей стены с легким штукатурным покрытием

Применение вулканического туфа как компонента вяжущего и в виде легкого заполнителя обусловливает незначительные значения внутреннего отрицательного давления, а усадочные деформации в процессе твердения минимизированы и не превышают 0,2 мм/м.

Температурные деформации легкого штукатурного покрытия связаны с различными значениями коэффициента линейного расширения (α = 0,8-1,0 ·10-5), который при сезонном изменении температуры окружающей среды на 50 °С может привести к деформации легкого штукатурного раствора до 0,4 мм/м, при этом в штукатурке развиваются температурные напряжения.

Климатический фактор для условий эксплуатации в умеренной климатической зоне предполагает возможное накопление влаги в процессе сезонных температурных колебаний и в переходные периоды «зима-весна» и «осень-зима» (за счет конденсации влаги в температурных интервалах, характерных для точки росы), а также за счет прямого попадания капельной жидкости на штукатурное покрытие. В засушливых или жарких регионах происходит обратный процесс — высушивание легкого штукатурного покрытия. Как уже отмечалось, ключевым фактором, определяющим долговечность штукатурного покрытия, является стойкость легкой штукатурки к растрескиванию под действием усадочных и термомеханических напряжений [10-12].

Штукатурное покрытие наносится на стену (основание) с определёнными конечными значениями толщины и жесткости. Практический интерес при этом представляет решение задачи о напряжённом состоянии штукатурного покрытия в составе однослойной стены при ветровых, усадочных и термомеханических воздействиях.

Рассмотрим случай однослойной штукатурки толщиной 10 мм, нанесенной на жёсткую основу кладки из ячеистобетонных блоков (рис. 1). Штукатурное покрытие работает совместно с основой за счет сцепления по границе

двух фаз. Конструкция является несущей стеной второго этажа двухэтажного здания коттеджного типа (с покрытием из легкой штукатурки), опирающейся на перекрытие, и воспринимающей нагрузку от конструкции перекрытия, крыши, а также от собственного веса и ветра в пределах одного этажа при высоте этажа не более 5,7 м.

Расчет производят по первой группе предельных состояний, при этом проверить следующие условия: прочность стены как внецентренно-сжатого элемента, устойчивость при сдвиге от ветровой нагрузки. Для расчета принят фрагмент легкого штукатурного покрытия, включающий стены со следующими геометрическими характеристиками (h×l×δo): 2,7×1×0,4 (м) и штукатурное покрытие. Класс конструкционно-теплоизоляционных блоков из ячеистого бетона по прочности В3,5; по плотности D500. Блоки укладывают на цементный клей, принимается средняя плотность кладки 510 кг/м3; плотность легкой штукатурки (толщиной δш) 300 кг/м3.

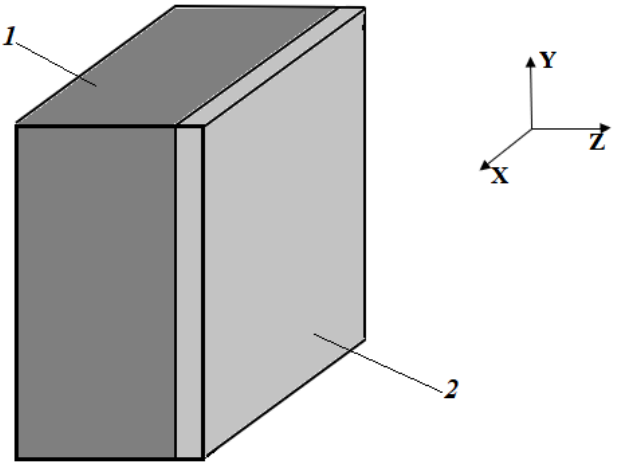


Рис. 1. Фрагмент конструкции в координатах XYZ: 1 – несущее основание; 2 – штукатурное покрытие

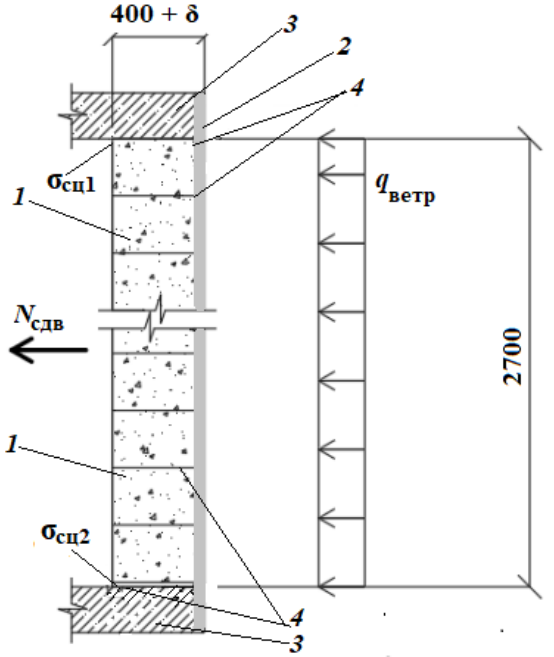


Рис. 2. Схема усилий в кладке фрагмента ограждающей конструкции в результате действия горизонтального усилия сдвига: 1 – самонесущая стена (кладка из ячеистобетонных блоков); 2 – слой из легкой штукатурки; 3 – монолитное перекрытие; 4 – растворный шов

Расчет производят, как для наружной оштукатуренной стены, находящейся на втором жилом этаже двухэтажного коттеджа. Расчетные нагрузки от ветрового давления принимаем максимальные, то есть для наветренной стороны здания: $w_н$ = 0,51 кПа. Внешний вид изолируемой стены приведен на рис. 2. Расчетная схема системы легкого штукатурного покрытия приведена на рис. 3.

Определяем расчетную нагрузку от собственного веса конструкции. Масса кладки: $N_{яб} = H \cdot \delta \cdot l \cdot \rho \cdot \gamma_f$. H – высота конструкции, 2,7 м; δ – толщина кладки из ячеистого бетона, 0,4 м; l – расчетная длина конструкции, 1 м; ρ – плотность кладки из ячеистобетонных блоков – ρ = 510 кг/м^3; γ_f – коэффициент надежности по нагрузке равен 1,2). $N_{яб}$ = 2,7·0,4·1·510·1,2 = 874,0 кг.



а б

Рис. 3. Расчетная схема ограждающей конструкции (а) и результаты статического расчета (б)

Аналогично определяем нагрузку от штукатурного слоя: $N_ш$ = 2,7 · 0,1 · 1 · 300 = 81,0 кг. Общая нагрузка от собственного веса 955,0 кг. С учетом вышерасположенных конструкций принимаем нагрузку 1082,0 кг или $N_{св1}$ = 10,82 кН. С учетом веса конструкции на этаже, принимаем нагрузку 1082,0+955,0 = 2037,0 кг или $N_{св2}$ = 20,37 кН.

Статический расчет наружной стены произведен в ПК ЛИРА-САПР. Устойчивость стены с покрытием против сдвига (от воздействия ветровой нагрузки) определяется согласно формуле: Nсдв ≤ (mудер/nудер)Nудер. Где nудер − коэффициент надежности при проверке устойчивости, равный 0,9 [124]; Nсдв − сдвигающие горизонтальные нагрузки; Nудер − удерживающие горизонтальные силы.

Схема усилий в кладке фрагмента ограждающей конструкции (стены со штукатурным покрытием) в результате действия горизонтального усилия сдвига представлена на рисунке 4.12. Сдвигающие горизонтальные нагрузки определяем по формуле $N_{сдв} = w_в \cdot H \cdot l$ = 0,52·2,7·1 = 1,40 кН. Удерживающие горизонтальные силы определяем по зависимости $N_{удер} = R_{sq} \cdot A$. С учетом того, что фрагмент кладки находится в обойме (сжатом состоянии между перекрытиями), удерживается слоями контактного раствора (напряжения $\sigma_{сц1}$ и $\sigma_{сц2}$), а также с учетом расчетного сопротивления кладки на срез по неперевязанному сечению (касательное сцепление) Rs_q, равному 0,16 МПа (160 кН/м^2): $N_{удер}$ = 160·0,4·1 = 64 кН

$N_{сдв}$ = 4,23 кН < $N_{удер}$ = 64 кН

Условие устойчивости простенка против сдвига выполняется.

Напряженное состояние в штукатурной системе

Учитывая, что толщина штукатурного покрытия (δ) намного меньше его линейных размеров в направлениях O_x, O_y (l_X , l_y), можно полагать, что штукатурный слой находится в условиях плоского напряженного состояния (рисунок 6). В этом случае связь между нормальными напряжениями и деформациями в направлении оси O_x, с учетом модуля упругости и коэффициента Пуассона покрытия (соответственно E и μ) описывается уравнением:

$$\varepsilon_X = \frac{\sigma_X}{E} - \mu\frac{\sigma_Y}{E} \qquad (1)$$

В зоне, достаточно удаленной от края штукатурного покрытия (на расстоянии более 4-5 толщин покрытия δ) нормальные напряжения по осям Ox и Oy можно считать равными. С учетом уравнения (1), показателя разницы свободных деформаций материала основания и покрытия (ΔεX), а также с учетом коэффициента упругопластических деформаций штукатурного покрытия при растяжении (vt < 1) получаем зависимость:

$$\sigma_X = \sigma_y = \frac{\Delta_{\varepsilon X} v_t E}{1-\mu} \qquad (2)$$

Для штукатурного слоя на основе бездобавочного цементно-песчаного раствора марки 50 (при E ~ 6·10^3 МПа, $\Delta_{\varepsilon X} = \varepsilon_{Sh,nm}$ ~ 40·10^{-5} (полная усадка штукатурного раствора), μ ~ 0,3, v_t ~ 0,5) величина растягивающих усадочных напряжений составляет $\sigma_x = \sigma_y$= 1,41 МПа. Для легкого штукатурного раствора с учетом эффектов влияния водоудерживающих компонентов и условий адгезии величина внутренних напряжений не превышает разрушающего напряжения 0,5 МПа, что соответствует требуемым нормативным показателям и условиям отсутствия трещин.

Анализ уравнения (2) показывает, что повышению трещиностойкости легких штукатурок на цементной основе по отношению к усадочным и термомеханическим напряжениям будет содействовать повышение упругопластических характеристик раствора и его предельной деформативности (снижение параметров vt и E), повышение прочности на растяжение и снижение усадки раствора.

Вышеперечисленные результаты, полученные с применением формул теории упругости, были подтверждены расчётами, выполненными на ЭВМ с использованием программы «COSMOSM 2.8» (256 Version).

Расчёты выполнялись на два вида основных воздействий, которым штукатурное покрытие подвергается в процессе эксплуатации. В качестве базы для сравнения использовалось штукатурное покрытие на основе портландцемента; полная усадка раствора, принимаемая равной 40·10-5. Легкое штукатурное покрытие на основе вулканического туфа характеризовалось полной усадкой 5·10-5. Температурная деформация при прямом ходе температуры из лета в зиму от +20 °С до минус 35 °С, принималась равной 55·10-5.

В качестве основания под штукатурное покрытие была принята кладка из блоков на основе ячеистого бетона, показавшая лучшие значения при исследовании адгезионных свойств. Толщина легкого штукатурного слоя принималась равной 10, 20 и 30 мм.

По результатам расчётов были построены графики распределения напряжений в штукатурном слое. Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы. Во-первых, при нанесении классического штука-

турного покрытия (на основе раствора М50) усадочные напряжения в нём составляют 1,2-1,5 МПа, что выше расчетного сопротивления на растяжение согласно нормативным показателям (Rbt,ser ~ 0,3-0,35 МПа) и разрушающего напряжения 0,5 МПа. Это приводит к температурно-усадочному растрескиванию штукатурных покрытий. Во-вторых, при использовании легкого штукатурного покрытия на основе вулканического туфа, усадочные напряжения в штукатурном слое не превышают 0,45 МПа. В-третьих, усадочные напряжения зависят от толщины штукатурного слоя (рис. 4), и при толщине до 20 мм полностью соответствуют нормативным требованиям. При большей толщине целесообразно применение штукатурной сетки.



Рис. 4. Напряжения в штукатурном покрытии при толщине штукатурного слоя: 1 – 30 мм; 2 – 20, мм; 1 – 10, мм

В местах концентрации напряжений (оконные и дверные проемы, углы конструкции) главные растягивающие напряжения в штукатурных покрытиях возрастают в 1,2... 1,8 раза. В связи с этим необходимо выполнять дополнительное армирование проблемных участков сетками на основе щелочестойкого стеклянного волокна.

Заключение

Применение легких штукатурных покрытий целесообразно в регионах с умеренным, жарким или резко континентальным климатом. Наиболее уязвимым элементом системы изоляции является штукатурное покрытие. Ключевым фактором, определяющим долговечность штукатурного покрытия, является стойкость фасадной штукатурки к растрескиванию под действием усадочных и термомеханических напряжений.

Исследовано напряжённое состояние штукатурных покрытий от действия усадки и перепадов температур на различных по жесткости вариантах основы, включая работу штукатурок в системе фасадной теплоизоляции. Установлено 5-10-кратное снижение напряжений в слое легкого штукатурного покрытия на основе вулканического туфа, что предопределяется значительным снижением степени стеснённости деформаций штукатурного слоя.

Оптимальными материалами основания для легких штукатурных покрытий на основе вулканического туфа являются поверхности из ячеистобетонных блоков или кирпича. Эти покрытия могут использоваться как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий различного назначения.

Литература

1. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010. №3. С. 8–16.
2. Лесовик В.С. Строительные материалы и изделия: учеб. пособ. по направлению 270100 "Строительство" [Текст] / В. С. Лесовик, А. М. Гридчин, Н. И. Алфимова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 222 с. ISBN: 978-5-361-00161-3
3. Zhukov A.D. Energy efficiency of building systems / A.D. Zhukov, E.Y. Bobrova, I.V. Bessonov, E.A. Mednikova. Monograph. SIC INFRA-M. 2022. p. 329. ISBN: 978-5-16-017479-2
4. Aleksey D Zhukov, Igor Bessonov, Boris Efimov, Andrey Medvedev and Alexey Poserenin. Foam fiber-reinforced concrete: technology and methodology of selection of the composition 012072 // (2020). MCPE-2020. August 2020 IOP Conference Series Materials Science and Engineering 896:012072. doi: 10.1088/1757-899X/896/1/012072
5. Рубцов О.И., Боброва Е.Ю., Жуков А.Д., Зиновьева Е.А. Керамический кирпич, камни и полнокирпичные стены // Строительные материалы. 2019. № 9. С. 8–13. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-774-9-8-13
6. Кудрявцев П.Г. Состав и структура пористых термостойких неорганических композиционных материалов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 4. – С. 75–100. – doi: 10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100.
7. Байков И.Р., Смородова О.В., Трофимов А.Ю., Кузнецова Е.В. Экспериментальное исследование теплоизоляционных наноматериалов на основе аэрогелей // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 462–477. – doi: 10.15828/2075-8545 2019-11-4-462-477.
8. Văn Viết Thiên Ân, Bùi Danh Đại, Trần Đức Trung. The effect of fly ash and blast furnace slag on the durability of ultra-high-quality concrete in an aggressive environment // Journal of Construction Science and Technology. 2021. volume. 15. no. 6. pp. 49-57.).
9. Оптимизация составов фасадных штукатурок на основе модифицированного вяжущего / А.Д. Жуков, И.И. Попов, Б.А. Ефимов, Б.А. Демиссе, В.В. Белканов. — doi: 10.32683/0536-1952-761-5-57-66 // Известия вузов. Строительство. — 2022. — № 5. — С. 57–66.
10. Фасадные штукатурные системы с применением модифицированного вяжущего / А.Д. Жуков, И.В. Бессонов, А.В. Кулапин, А.А. Медведев, Б.А. Демиссе, Р.С. Поудел. — DOI: 10.31659/0585-430X-2022-808-11-37-41 // Строительные материалы. — 2022. — № 11. — С. 37–41.
11. Zhukov A., Shokod'ko E. (2020) Mathematical Methods for Optimizing the Technologies of Building Materials**.** VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1116. Pp. 413-421. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_40
12. Vu, K.D. Modeling the influence of input factors on foam concrete properties / K.D.Vu, S.I.Bazhenova // Magazine of Civil Engineering. 2021. vol. 103. no. 3. P. 10. doi: 10.34910/MCE.103.11.

Properties of a lightweight plaster system incorporating volcanic tuff

Demisse B.A., Yazyev S.B., Zhukov A.D., Efimov B.A.

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Russian State Geological Prospecting University (MGRI)

In accordance with energy-efficiency requirements, which include an assessment of costs not only during building operation but also during the manufacture and installation of building structures, the use of lightweight plaster mixtures is justified in regions with temperate, hot, or sharply continental climates. The purpose of the study was to evaluate the mechanical and operational properties of a plaster coating based on volcanic tuff. It was established that the lightweight plaster coating has a compressive strength of 7.4 MPa, flexural strength of 3.6 MPa, thermal conductivity of 0.14–0.16 W/(m·°C), volumetric water absorption of 3–5%, water absorption during contact with a water surface of up to 12%, water-vapor permeability of approximately 0.18 g/(m·h·Pa), and frost resistance grade F35–F50. Cellular-concrete block and brick surfaces are identified as suitable substrates. The proposed coatings can be used both in new construction and in the reconstruction of buildings for various purposes.

Keywords: volcanic tuff-scoria, plaster coating, new construction, building reconstruction, energy efficiency.

References

1. Gagarin V.G. Macroeconomic aspects of substantiating energy-saving measures when improving the thermal protection of building envelopes. Stroitel'nye materialy. 2010;(3):8–16. (In Russ.).
2. Lesovik V.S., Gridchin A.M., Alfimova N.I. Building Materials and Products. Belgorod: BSTU Publishing House; 2011. 222 p. (In Russ.).
3. Zhukov A.D., Bobrova E.Y., Bessonov I.V., Mednikova E.A. Energy Efficiency of Building Systems. Moscow: INFRA-M; 2022. 329 p.
4. Zhukov A.D., Bessonov I., Efimov B., Medvedev A., Poserenin A. Foam fiber-reinforced concrete: technology and methodology of selection of the composition. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020;896:012072. doi:10.1088/1757-899X/896/1/012072.
5. Rubtsov O.I., Bobrova E.Yu., Zhukov A.D., Zinovieva E.A. Ceramic brick, stones and solid-brick walls. Stroitel'nye materialy. 2019;(9):8–13. doi:10.31659/0585-430X-2019-774-9-8-13. (In Russ.).
6. Kudryavtsev P.G. Composition and structure of porous heat-resistant inorganic composite materials. Nanotechnologies in Construction. 2018;10(4):75–100. doi:10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100. (In Russ.).
7. Baikov I.R., Smorodova O.V., Trofimov A.Yu., Kuznetsova E.V. Experimental study of aerogel-based thermal insulation nanomaterials. Nanotechnologies in Construction. 2019;11(4):462–477. doi:10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477. (In Russ.).
8. Văn Viết Thiên Ân, Bùi Danh Đại, Trần Đức Trung. The effect of fly ash and blast furnace slag on the durability of ultra-high-quality concrete in an aggressive environment. Journal of Construction Science and Technology. 2021;15(6):49–57.
9. Zhukov A.D., Popov I.I., Efimov B.A., Demisse B.A., Belkanov V.V. Optimization of facade plaster compositions based on modified binder. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 2022;(5):57–66. doi:10.32683/0536-1952-761-5-57-66. (In Russ.).
10. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Kulapin A.V., Medvedev A.A., Demisse B.A., Poudel R.S. Facade plaster systems using a modified binder. Stroitel'nye materialy. 2022;(11):37–41. doi:10.31659/0585-430X-2022-808-11-37-41. (In Russ.).
11. Zhukov A., Shokod'ko E. Mathematical Methods for Optimizing the Technologies of Building Materials. In: VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020;1116:413–421. doi:10.1007/978-3-030-37919-3_40.
12. Vu K.D., Bazhenova S.I. Modeling the influence of input factors on foam concrete properties. Magazine of Civil Engineering. 2021;103(3):10. doi:10.34910/MCE.103.11.

Математическое моделирование процесса мультисенсорного снятия данных

Епифанцев Кирилл Валерьевич
кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В настоящее время обзор наиболее свежих источников и исследований [1-6] подтверждает актуальность использования мультисенсорного метода в ряде передовых исследований медицины, окружающей среды, возможности перехода к новым эталонам мультисенсорного типа, которые бдыли бы задействованы при поверке и калибровке мультисенсорных приборов. Проблема создания мультисенсорных приборов кроется в создании одновременно нескольких образцовых каналов в одном корпусе, работающих при этом одновременно. Переход от моносенсорности к мультисенсорности возможен за счет использования мультисенсорных эталонов. Также параллельно в приборостроении запущен процесс развития сенсорной фузии, об этом все чаще встречются научные работы, в частности – большие монографии [6].
Ключевые слова: мультисенсорные эталоны, математическое моделирование, уменьшение погрешности измерений.

Мультисенсорика является несомненно возможностью существенно увеличить обьем знаний об измеряемом обьекте, глубже и многогранно проникнуть в его свойства. Так примером служит система «электронный язык» (Рисунок 1)

В большинстве компаний имеются ключевые тренды, которые доказаны ростом потребностей в развитии высокотехнологичной индустрии, такие как:

Потребность промышленности в быстром и достоверном контроль деталей из разного материала;

Масштабирование моносенсорных приборов до мультисенсорных приборов;

Разработка недорогих датчиков, их быстрое испытание, подтверждение надежности;

Внедрение систем интернета вещей в приборы;

Помехозащищённость, размещение датчиков компактно, в мниатюрном корпусе и визуализирование программной обработки результатов

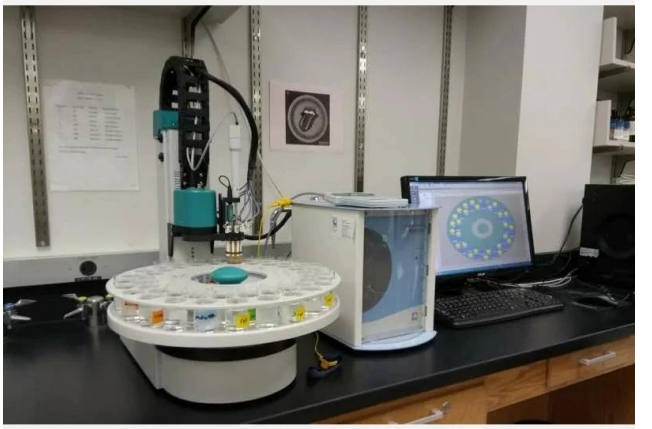


Рисунок 1 – Мультисенсорная система измерения вкусовых свойств в ряде зарубежных компаний

По результату исследований можно сказать, что мультисенсорный датчик был бы интересен универсальностью к различным типам материалов, которые не могут взять оптический и вихретоковый датчики по отдельности в силу отражающих факторов, особенностей плотности материалов и т. д., но могут взять в совокупности, объединив свои усилия.

Таким образом, можно сделать вывод о неоднократности применения функции из таблицы 28 для обработки выходного сигнала с датчика кругломера. Наиболее сложные системы обработки описаны в исследовании [145], где рассмотрен вопрос определения погрешностей работы лазерного триангулятора.

Таким образом, модель работы мультисенсоной системы представляет собой равновесную мультисенсорную систему, так пусть

$$\text{Mult dim} = (\text{LMTI}\Theta\text{NJ}) \bullet \Sigma_{\text{mult попр}}, \quad (1)$$

Где

LMTIΘNJ – размерности единиц СИ по ГОСТ 8.417-2024

$\Sigma_{\text{mult попр}}$ - сумма учёта поправок при измерении сенсорами различного типа

Поправки , которые зависят от характера суммарной погрешности и определяются пределом допуска. Допуски и интервалы измерения при этом зависят от класса точности оборудования и допускают что система также будет иметь вид

$$\text{Mult dim} = (\text{LMTI}\Theta\text{NJ}) \bullet \Sigma_{\text{mult попр}} \bullet N, \quad (2)$$

где

N - наработка до первого отказа

Так (2) несомненно связывает мультисеснорность с надежностью данных компонентов в совместной работающей системе. Однако в ряде публикаций находим подтверждение того, что данные с разных сенсоров должны быть привязаны к одному моменту времени. Если временные метки расходятся, алгоритмы фузии (слияния данных) будут работать некорректно. Преобразуем поэтому (2) в (3)

$$\text{Mult dim} = \frac{(\text{LMTI}\Theta\text{NJ}) \bullet \Sigma \text{ mult попр} \bullet N)}{t} \quad (3)$$

Где t-единый момент времени

В системе многомерных измерений важно заметить, что влиянию временно температурного влияния (что учитывается также в разделе надежности) таким образом, подвергаются все равновесные коэффициенты, откуда

$$\text{Mult dim} = \frac{(\text{LMTI}\Theta\text{NJ}) \bullet \Sigma \text{ mult попр} \bullet N)}{t \cdot \Theta} \quad (4)$$

Также ставим векторы над векторными величинами, что особенно актуально для мультисенсоризации приборов, измеряющих векторные величины.

$$\text{Mult dim} = \frac{(\vec{M}(\text{LMTI}\Theta\text{NJ})\bullet\Sigma \text{ mult попр}\bullet\text{N})}{t\cdot\Theta} (5)$$

где $\vec{M}$ – векторная величиная , испльзуемая для измерения геометрических допусков

В связи с использованием основной величины движущей силы - силы тока, извлекаем корень, так как он однозначно фильтруется, выпрямляется и задействован в работе всех мультисенсорных приборов

$$\text{Mult dim} = \frac{(\vec{M}(\text{LMTI}\Theta\text{NJ})\bullet\Sigma \text{ mult попр}\bullet\text{N})}{t\cdot\Theta\cdot\sqrt[2]{I}} (6)$$

В [7] неоднократно подчеркивается роль искусственного интеллекта как дополнительного сенсора, анализирующего микродефекты детали, таким образом в расновесной модели мультисенсорной системы этот фактор также должен быть учтен для ананлиза первичного изображения детали, тогда (6) примет вид

$$\text{Mult dim} = \iint h \frac{(\vec{M}(\text{LMTI}\Theta\text{NJ})\bullet\Sigma \text{ mult попр}\bullet\text{N})}{t\cdot\Theta\cdot\sqrt[2]{I}} (7)$$

Где

$\iint h$- алгоритм вычисление первичных признаков дефектов детали методами машинного зрения в виде применного ПО

На основе обзора статей в международных базах данных отмечено, что мультисенсорные технологии в обзорах наиболее актуальных статей за 2024-2026 года не использовали принцип мультисенсорной системы для метрологического обеспечения круглометрии. Это связано, прежде всего, с уже устоявшимися игроками на этом рынке, которые и диктуют тренды - Mitutoyo, Mahr и Tailor Hobson, являются ключевыми игроками по производству кругломеров и имеют стабильные технологии , а конкуренты не вынуждают их разрабатывать кардинально новые принципы мультисенсорных систем.

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 (Рис. 1)



Рисунок 2 - Пример анализатора качества электроснабжения – мультисенсорного комплексного прибора

Мультимодальные приборы также незаменимы при поиске оптимальных решений при проведении медицинских обследований, как одни из важнейших элементов, способов уловить первые признаки зарождающегося заболевания.



Рисунок 3 – Многообразие оптических измерительных приборов

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 3.

В настоящее время перспективно думать о будущих приборах, о их возможных венчурных моделях развития. В связи с этим была разработана таблица 1

Таблица 1
Классификация и потенциально перспективных типов приборов и новых эталонов

	M(кг)	L(м)	T(с)	Θ (K)	N(моль)	J(кд)	I (A)
M(кг)	M^2	M·L	M·T	M·Θ	M·N - измеритель веса с одновременным контролем молярной доли, перспективная величина-граммомоль	M·J	M·I
L(м)	...	...	...	...	...	...	...
T(с)	...	...	...	...	...	...	...
Θ(K)	...	...	...	...	...	...	...
N(моль)	...	...	...	...	...	...	...
J(кд)	...	...	...	...	...	...	...
I(A)	...	...	...	...	...	...	...

Таким образом, сенсорная фузия обеспечивает расширения будущих физических величин, дает возможность исследовать методологию появления измерительных приборов в будущем

Литература

1. Ермаков В. В. Разработка многоуровневой мультисенсорной системы мониторинга загрязнений земной поверхности углеводородами. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Самарский гос.техн. университет. Самара, 2025 -238 с.
2. Bogomolov A.Yu., Korneev V.P., Ignatiev E.A. Multisensor Data Analysis.Journal of Analytical Chemistry, 2026, Vol. 81, No. 8, pp. 1122–1141.
3. Holgado-Terriza J.A., Pico-Valencia P., Liang Z.Wearable Devices and New Frontiers in Smart Health Monitoring. Sensors, 2026, Vol. 26, No. 7, Art. 2097.
4. Kurmangazy M., Maksut A., Bizhanov D., Zhetenbayev N., Nurgizat Y.Design and Development of a Multisensor Wearable System for Human Limb Motion Monitoring. Vibroengineering Procedia, 2026, Vol. 63, pp. 96–102.
5. Xin Liu, Hongping Wang, Hainan Li A Long-Range LiDAR–Camera Extrinsic Calibration Method for Rail Transit. Scientific Reports, 2026 .
6. John A., Cardiff B., John D. Deep Learning and Signal-Processing Methods for Multisensor Data Fusion: Applications to Ambulatory Health Monitoring. Springer, Cham, 2026, 244 p.
7. Епифанцев К.В. Развитие систем мультисенсоризации как флагман метрологии//Инновации и инвестиции. 2026. № 3. С. 478-479.

Mathematical Modeling of the Multisensor Data Acquisition Process

Epifantsev K.V.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

A review of recent sources and research [1–6] confirms the relevance of the multisensor approach in various cutting-edge studies within the fields of medicine and environmental monitoring. It also highlights the potential for transitioning toward new multisensor-type reference standards, which could be employed for the verification and calibration of multisensor instruments. The challenge in developing multisensor instruments lies in integrating multiple reference channels—all operating simultaneously—within a single housing. The transition from single-sensor to multisensor systems is facilitated by the use of multisensor reference standards. Concurrently, the field of instrumentation is seeing the development of "sensor fusion," a topic increasingly addressed in scientific literature, including comprehensive monographs [6].

Keywords: multisensor reference standards, mathematical modeling, reduction of measurement error.

References

1. Ermakov V. V. Development of a Multilevel Multisensor System for Monitoring Hydrocarbon Contamination of the Earth's Surface. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Samara State Technical University. Samara, 2025, 238 p.
2. Bogomolov A.Yu., Korneev V.P., Ignatiev E.A. Multisensor Data Analysis. Journal of Analytical Chemistry, 2026, Vol. 81, No. 8, pp. 1122–1141.
3. Holgado-Terriza J.A., Pico-Valencia P., Liang Z. Wearable Devices and New Frontiers in Smart Health Monitoring. Sensors, 2026, Vol. 26, No. 7, Art. 2097.

4. Kurmangazy M., Maksut A., Bizhanov D., Zhetenbayev N., Nurgizat Y. Design and Development of a Multisensor Wearable System for Human Limb Motion Monitoring. Vibroengineering Procedia, 2026, Vol. 63, pp. 96–102.
5. Xin Liu, Hongping Wang, Hainan Li. A Long-Range LiDAR–Camera Extrinsic Calibration Method for Rail Transit. Scientific Reports, 2026.
6. John A., Cardiff B., John D. Deep Learning and Signal-Processing Methods for Multisensor Data Fusion: Applications to Ambulatory Health Monitoring. Springer, Cham, 2026, 244 p.
7. Epifantsev K.V. Development of Multisensor Systems as a Flagship of Metrology // Innovations and Investments. 2026. No. 3. pp. 478–479.

Ресурсный потенциал техногенных отходов в контексте циркулярной трансформации строительной отрасли (на примере утилизации отработанного катализатора КУ-2ФПП)

Касперавичюс Милена Витасовна
магистрант, институт инженеров строительства и транспорта, Ярославский государственный технический университет, milena.kasper@bk.ru,

Мирошниченко Игорь Юрьевич
старший преподаватель, институт инженеров строительства и транспорта, Ярославский государственный технический университет; генеральный директор, ООО «ЯрПроект», miroshnichenko_iu@yarproekt76.ru

В статье рассмотрены концептуальные подходы к интеграции принципов циркулярной экономики при производстве строительных материалов. Проведен анализ барьеров и перспектив вовлечения техногенных отходов в производственный оборот. Оценена экономическая эффективность повторного использования отработанных химических катализаторов в качестве добавок в композит-бетонную смесь при её производстве в промышленных масштабах. Обоснована возможность использования отработанного сульфокатионитового катализатора КУ-2ФПП в качестве модифицирующей добавки для бетонных композитов. Представлена детальная характеристика физико-химических свойств отработанного КУ-2ФПП. Определены технологические и конструктивные ограничения его использования в производстве композитного бетона. Обоснована необходимость и способы предварительной обработки катализатора перед введением его в смесь. Произведен оценочный анализ экономического эффекта отказа от захоронения катализатора, являющегося опасным промышленным отходом, на специализированных полигонах в пользу возможности повторного его применения в производстве.

Ключевые слова: циркулярная экономика, строительные отходы, вторичные ресурсы, отработанный катализатор КУ-2ФПП, модификация бетона, устойчивое развитие, промышленный симбиоз.

Введение

Современная экономическая модель, доминировавшая на протяжении последних двух столетий, базируется на линейном принципе «ресурс - продукт - отход». Данная парадигма, сопровождавшаяся беспрецедентным ростом промышленного производства, привела к системному экологическому дисбалансу: истощению невозобновляемых источников сырья, аккумуляции значительных объёмов твердых отходов производства и прогрессирующему загрязнению компонентов биосферы. В этом контексте строительная отрасль занимает особое положение, поскольку аккумулирует до 40-50 % всех добываемых минеральных материалов и генерирует более 30 % твёрдых промышленных отходов.

Ответом на критический рост накопления отходов строительной сферы и соответствующее пагубное воздействие их утилизации на экологию планеты стала формирующаяся в последние десятилетия концепция циркулярной экономики (экономики замкнутого цикла), постулирующая сохранение потребительской ценности ресурсов на максимально длительном временном интервале и минимизацию образования отходов, принципах оборачиваемости материальных ресурсов. В отличие от линейной модели, циклический подход предлагает итеративный цикл: «ресурс - продукт - вторичный ресурс - новый продукт». Ключевые принципы концепции включают проектирование с учетом последующей переработки, повторное использование компонентов, глубокую переработку отходов во вторичное сырье, востребованное в экономике, и компенсацию ущерба, нанесенного окружающей среде. [6]

В строительном секторе внедрение принципов кругового движения обусловлено специфическими особенностями отрасли: длительным сроком службы зданий (50-100 лет и более) позволяют заложить основу для потенциального повторного использования изделий при демонтаже конструкций, срок службы которых истек, уже на стадии проектирования; большинство используемых конструкционных материалов (бетон, строительная керамика, сталь, стекло, минеральные заполнители) инертны и пригодны для вторичной переработки без каких-либо ограничений. значительная потеря качества при сохранении свойств, применимых в производстве.

Иерархия циркулярных стратегий в строительстве должна выстраиваться по принципу приоритетности: предотвращение образования избыточных отходов → повторное использование отходов → переработка во вторичное сырьё → рекуперация затраченной энергии → захоронение на полигонах неприменимых остатков при исчерпании возможных способов и технологий их использования. [10]

В Российской Федерации переход к циркулярной модели в строительстве находится на начальном этапе. К числу сдерживающих факторов можно отнести несовершенство действующей нормативно-правовой базы, стимулирующей инициативу переработки отходов; отсутствие достаточного внимания к разработке технологических процессов переработки и использования вторничного сырья; отсутствие теоретического и, как следствие, практического обоснования экономического эффекта использования вторичного сырья при сохраняющейся дешевизне первичных природных ресурсов; отсутствие развитой сети предприятий по глубокой сортировке отходов и переработке строительного мусора. [8]

Вместе с тем, в рамках национального проекта «Экология» и Стратегии развития строительной отрасли до 2035 года предусмотрены меры по увеличению доли перерабатываемых отходов, что создаёт прецедентную основу для вовлечения техногенных продуктов в хозяйственный оборот страны.

Постановка задачи

Одним из приоритетных направлений в рамках циркулярной трансформации представляет концепция промышленного симбиоза, при которой отходы одного производства служат сырьевым ресурсом для другого. Классическими примерами реализации данного подхода служат использование золуноса тепловых электростанций в производстве цемента и металлургических шлаков в дорожном строительстве.

Объектом исследования является отработанный сульфокатионный катализатор марки КУ2-ФПП, который образуется на предприятиях нефтехимической, энергетической и водоочистной промышленности. В настоящее время этот материал классифицируется как крупномасштабные отходы III-IV классов опасности, которые необходимо утилизировать на дорогостоящих свалках. [1]

Однако с точки зрения экономики замкнутого цикла отходы можно рассматривать как потенциально ценный вторичный ресурс, пригодный для переработки в модифицирующую добавку для производства бетонных композитов. [4]

Целью исследования является обоснование технологической и экологической целесообразности использования отработанного катализатора КУ2-ФПП в строительном секторе. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать и оценить физико-химические параметры отработанного катализатора с целью определения его перспективности в роли модификатора бетонных смесей;

2. Выявить технологические ограничения, связанные с термической стабильностью, остаточной ионообменной способностью и содержанием загрязняющих компонентов;

3. Определить оптимальные направления предварительной подготовки отхода перед введением в бетонную смесь;

4. Оценить экологические и экономические эффекты от внедрения предлагаемого решения в сравнении с существующей практикой захоронения.

Методы исследования

Объектом исследования является отработанный на предприятии нефтехимического профиля катализатор КУ-2ФПП. Физико-химическая характеристика образцов выполнялась с применением комплекса стандартизованных методов: гранулометрического анализа, определения насыпной плотности, низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ), ИК-спектроскопии, термогравиметрии и атомно-абсорбционной спектрометрии. Остаточная ионообменная ёмкость определялась титриметрическим методом, адгезионные свойства поверхности оценивали по изменению краевого угла смачивания. Обработка экспериментальных данных проведена методами вариационной статистики при доверительной вероятности 95 %.

Обсуждение результатов

Физико-химическая характеристика объекта исследования. Отработанный катализатор КУ-2ФПП представляет собой сульфированный сополимер стирола с дивинилбензолом, имеющий пространственную сетчатую структуру. При долгой работе ионообменный катализатор теряет активность по трём основным причинам: поры забиваются коллоидными частицами, сульфогруппы окисляются, а сами гранулы истираются. [9] При этом полимерная матрица - сшитый дивинилбензолом полистирол - в целом сохраняется. Именно она и представляет интерес для стройки. Гранулы представляют собой в основном сферы диаметром от 0,5 до 2,5 мм. Есть примесь мелочи - Фракция меньше 0,5 мм, которая натирается при эксплуатации. Насыпная плотность отработки - 720-780 кг/м. Для сравнения: кварцевый песок - 1400-1600 кг/м, гранитный щебень - 1400-1700 кг/м. То есть катализатор примерно вдвое легче обычных заполнителей, и это позволяет снижать среднюю плотность бетона. [11]

Удельная поверхность по БЭТ - 42-58 м2/г. Пористость развитая, гранулы реакционноспособны. Полимерный каркас эластичен за счёт сшивки дивинилбензолом, и в бетоне он создаёт микрозоны пониженной жёсткости. Такие зоны рассеивают звук и механические колебания, поэтому добавка перспективна для акустических и вибродемпфирующих конструкций.

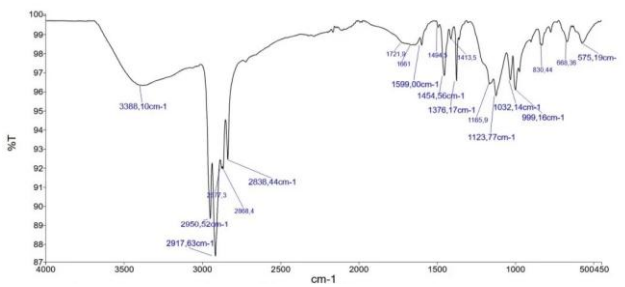


Рисунок 1 - Картина инфракрасного спектра

Картина инфракрасного спектра ясно свидетельствует, что на поверхности отработанного катализатора присутствуют загрязняющие вещества: альдегиды (пики в области 2917,63 см-1), алканы (2838,44 см-1, 2950,52 см-1 пики отвечают валентным колебаниям CH-связи) и алкены (1454,56 см-1, деформационные колебания CH3- и CH2-групп), сложные эфиры (пик в области 3388,1), 1599,00см$^{-1}$, 1494,5 см$^{-1}$: пики являются характерными для валентных колебаний C-C связей в ароматическом кольце (бензольном ядре), что является сильным доказательством наличия полистирольной основы катионита.

По термогравиметрии матрица КУ-2ФПП держит структуру до 120-150°С. Выше начинается разрушение сульфогрупп с выделением газов. При 250°С и выше гранулы плавятся и деполимеризуются с выделением летучих органических соединений. Отсюда жёсткие рамки: добавка годится для бетонов, твердеющих при 20 + 5 °С, и для конструкций, работающих при умеренных температурах. Она не подходит для огнезащитных покрытий, футеровок печей и всего, что рядом с интенсивным тепловым излучением. При оценке пожаростойкости таких конструкций нужно отдельно учитывать риск газовыделения. [13]

Состав загрязнителей зависит от того, где катализатор работал. Если это водоподготовка - накапливаются железо, марганец, кальций, магний. Если нефтехимия - остатки нефтепродуктов, ароматика, сернистые соединения. Промывка дистиллированной водой 60-90 минут снижает содержание водорастворимых примесей на 65-80 %. Сушка при 80-105 °С убирает влагу и лёгкие органические фракции. Измельчение до 0,1-0,5 мм улучшает равномерность распределения добавки в смеси и увеличивает площадь контакта с цементным камнем: по измерению краевого угла смачивания адгезия растёт в 1,3-1,5 раза. [2]

Главный вопрос, который пока не закрыт, - остаточная ионообменная ёмкость сульфогрупп (-OзH). В бетонной смеси они конкурируют за кальций, алюминий и железо из поровой жидкости. Это может тормозить гидратацию алита и белита, то есть увеличивать сроки схватывания и снижать раннюю прочность. Предварительная нейтрализация щелочью (например, NaOH 0,1-0,5 М) снижает ионообменную активность до приемлемого уровня. При дозировке 2-5 % от массы цемента и нейтрализации полимер начинает работать в плюс: смесь лучше удерживает воду, меньше водоотделение, удобоукладываемость выше. Кроме того, переходный слой между гранулами и цементным гелем получается плотнее, и это может компенсировать просадку ранней прочности за счёт упрочнения на поздних сроках. [6]

С точки зрения циркулярной экономики здесь всё складывается. Экологически - меньше загрязнения почв и грунтовых вод продуктами деструкции полимера и токсичными элементами, меньше захоронения отходов III-IV класса опасности, меньше нагрузки на полигоны.

Экономически - двойная выгода. Для предприятия, у которого образуется отход, снижаются затраты на утилизацию: захоронение стоит 3000-5000 руб./т, а подготовка к переработке — 800-1200 руб./т. Для производителя стройматериалов это дешевый модификатор вместо импортных полимерных добавок по 150-300 тыс. руб./т. При переработке 1000 т отработки интегральный эффект только за счёт логистики и полигона оценивается в 2,5-4,0 млн руб. [2]

Вывод

1. Отработанный сульфокатионитовый катализатор КУ-2ФПП обладает совокупностью физико-химических свойств, обуславливающих его перспективность в качестве легкого структурообразователя и модифицирующей добавки для бетонных композитов.

2. Технологическими ограничениями применения являются ограниченная термическая стабильность, что исключает использование добавки в высокотемпературных условиях и требует учёта поведения материала при пожаре, а также наличие остаточной ионообменной способности, способной замедлять гидратацию цемента.

3. Обязательным этапом подготовки катализатора к введению в бетонную смесь является промывка для удаления слабосвязанных загрязнителей, сушка, механическое измельчение до фракции 0,1-0,5 мм. Для снижения негативного влияния на кинетику твердения рекомендуется предварительная нейтрализация остаточных сульфогрупп слабым раствором щёлочи.

4. Вовлечение отработанного катализатора в строительный оборот полностью соответствует принципам циркулярной экономики промышленного симбиоза. Реализация предлагаемого решения обеспечивает экологический и экономический эффект, что подтверждает целесообразность дальнейших исследований в направлении оптимизации рецептур бетонных смесей с данным видом вторичного ресурса.

Перспективными направлениями последующих работ являются: установление точных зависимостей «дозировка добавки - кинетика твердения - конечные физико-механические характеристики бетона»; исследование долговременной стойкости и морозостойкости композитов с включением катализатора; разработка проекта технических условий на использование переработанного катализатора КУ-2ФПП в строительстве; формирование нормативно-методической базы для сертификации вторичных полимерных добавок в бетонах.

Литература

1. Арутюнов И. А. Переработка отработанного хромсодержащего катализатора // eLIBRARY.ru. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42393401

2. Белых А. Л. Модели формирования промышленного симбиоза // Управление. 2023. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-formirovaniya-promyshlennogo-simbioza

3. Калашников В. И., Махамбетова К. Н., Мороз М. Н., Петухов А. В. Исследование влияния модифицированной полимерной добавки, модифицированной полиакриламидами, на водоудерживающую способность и прочность цементно-песчаных растворов // Современные научные исследования и инновации, 2015. URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/04/52123

4. Козловская И. Ю. Свойства отработанного катализатора каталитического крекинга и возможности его применения для сорбционной очистки сточных вод // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/svoystva-otrabotannogo-katalizatora-kataliticheskogo-krekinga-i-vozmozhnosti-ego-primeneniya-dlya-sorbtsionnoy-ochistki-stochnyh-vod

5. Колотыгин В.С. Исследование процессов работы и регенерации ионообменных катализаторов типа КУ-2ФПП // Электронные репозитории выпускных и научных работ. URL: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/rutsu/5465/1/KolotyginVS_2020.pdf

6. Куркова А. С. Циркулярная экономика как катализатор развития рынка строительства в современном обществе // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. №12-2. URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-kak-katalizator-razvitiya-rynka-stroitelstva-v-sovremennom-obschestve
7. Модифицирование свойств гидротехнических бетонов с использованием полимерной добавки на основе поливинилпирролидона // Tsilicates.ru. URL: https://tsilicates.ru/ru/nauka/article/83768/view
8. Патент России RU 2163507 C2 «Способ получения термостойких сульфоионитных катализаторов» URL: https://patents.google.com/patent/RU2163507C2/ru
9. Полимерцементные легкие бетоны для ограждающих конструкций // disserCat. URL: https://www.dissercat.com/content/polimertsementnye-legkie-betony-dlya-ograzhdayushchikh-konstruktsii
10. Смолка А. В., Усаткина О. И. Строительный комплекс: циклические решения в сфере утилизации строительных отходов // ИВД. 2025. №11 (131). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelnyy-kompleks-tsiklicheskie-resheniya-v-sfere-utilizatsii-stroitelnyh-othodov
11. Угляница А. В. «Модификация цементных бетонов отработанным катализатором производства капролактама» // CyberLeninka. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-tsementnyh-betonov-otrabotannym-katalizatorom-proizvodstva-kaprolaktama
12. Угляница А. В. «О возможности модификации цементных бетонов отработанным катализатором производства анилина» // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-modifikatsii-tsementnyh-betonov-otrabotannym-katalizatorom-proizvodstva-anilina
13. Черкасова Т. Г. Рециклинг отработанных катализаторов для экологической защиты окружающей среды // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/retsikling-otrabotannyh-katalizatorov-dlya-ekologicheskoy-zaschity-okruzhayuschey-sred

Resource Potential of Technogenic Waste in the Context of Circular Transformation of the Construction Industry (A Case Study on the Utilization of Spent Catalyst KU-2FPP)

Kasperavichyus M.V., Miroshnichenko I.Yu.
Yaroslavl State Technical University, YarProekt LLC

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines conceptual approaches to integrating the principles of the circular economy in the production of construction materials. An analysis of the barriers and prospects for incorporating man-made waste into the production cycle has been carried out. The economic efficiency of reusing spent chemical catalysts as additives in composite concrete mixtures during their industrial production has been assessed. The possibility of using the spent sulfocation exchange catalyst KU-2FPP as a modifying additive for concrete composites has been substantiated. A detailed description of the physicochemical properties of spent KU-2FPP is presented. The technological and design limitations of its use in the production of composite concrete have been identified. The necessity and methods of preliminary treatment of the catalyst before introducing it into the mixture have been substantiated. An assessment analysis of the economic effect of abandoning the disposal of the catalyst, which is a hazardous industrial waste, has been carried out..

Keywords: circular economy, construction waste, secondary resources, spent catalyst KU-2FPP, concrete modification, sustainable development, industrial symbiosis.

References

1. Arutyunov I. A. Processing of Spent Chromium-Containing Catalysts // eLIBRARY.ru. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42393401
2. Belykh A. L. Models for the Formation of Industrial Symbiosis // Management (Upravlenie). 2023. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-formirovaniya-promyshlennogo-simbioza
3. Kalashnikov V. I., Makhambetova K. N., Moroz M. N., Petukhov A. V. Investigation of the Influence of a Polymeric Additive, Modified with Polyacrylamides, on the Water-Retention Capacity and Strength of Cement-Sand Mortars // Modern Scientific Research and Innovations (Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii), 2015. URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/04/52123
4. Kozlovskaya I. Yu. Properties of Spent Catalytic Cracking Catalysts and Their Potential Application for the Sorption-Based Purification of Wastewater // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/svoystva-otrabotannogo-katalizatora-kataliticheskogo-krekinga-i-vozmozhnosti-ego-primeneniya-dlya-sorbtsionnoy-ochistki-stochnyh-vod
5. Kolotygin V. S. Investigation of the Operation and Regeneration Processes of KU-2FPP-Type Ion-Exchange Catalysts // Electronic Repositories of Theses and Scientific Works. URL: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/5465/1/KolotyginVS_2020.pdf
6. Kurkova A. S. The Circular Economy as a Catalyst for the Development of the Construction Market in Modern Society // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. No. 12-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-kak-katalizator-razvitiya-rynka-stroitelstva-v-sovremennom-obschestve
7. Modifying the Properties of Hydraulic Concretes Using a Polyvinylpyrrolidone-Based Polymer Additive // Tsilicates.ru. URL: https://tsilicates.ru/ru/nauka/article/83768/view
8. Russian Patent RU 2163507 C2 "Method for Producing Heat-Resistant Sulfo-Ion-Exchange Catalysts" // URL: https://patents.google.com/patent/RU2163507C2/ru
9. Polymer-Cement Lightweight Concretes for Building Envelope Structures // disserCat. URL: https://www.dissercat.com/content/polimertsementnye-legkie-betony-dlya-ograzhdayushchikh-konstruktsii
10. Smolka A. V., Usatkina O. I. The Construction Complex: Circular Solutions for Construction Waste Management // IVD. 2025. No. 11 (131). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelnyy-kompleks-tsiklicheskie-resheniya-v-sfere-utilizatsii-stroitelnyh-othodov
11. Uglyanitsa A. V. "Modification of Cement Concretes Using Spent Catalysts from Caprolactam Production" // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-tsementnyh-betonov-otrabotannym-katalizatorom-proizvodstva-kaprolaktama
12. Uglyanitsa A. V. "On the Possibility of Modifying Cement Concretes Using Spent Catalysts from Aniline Production" // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-modifikatsii-tsementnyh-betonov-otrabotannym-katalizatorom-proizvodstva-anilina
13. Cherkasova T. G. "Recycling of Spent Catalysts for Environmental Protection" // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/retsikling-otrabotannyh-katalizatorov-dlya-ekologicheskoy-zaschity-okruzhayuschey-sred

y

Влияние предварительной напорной флотации на эксплуатацию волокнистого полимерного сепаратора при очистке сточных вод

Корнеева Елена Александровна
Старший преподаватель кафедры Водопользования и экологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Linka360639020@yandex.ru

В работе представлены результаты экспериментального сравнения двух технологических подходов к очистке нефтесодержащих сточных вод: непосредственной фильтрации на волокнистом полимерном сепараторе и применения предварительной напорной флотации с последующей полимерной сепарацией. Установлено, что включение стадии напорной флотации позволяет существенно снизить нефтяную нагрузку на последующий фильтрующий элемент и повысить общую эффективность очистки. Для дополнительной оценки характера разделения нефтяной фазы проведено исследование дисперсного состава методом оптической микроскопии. Полученные результаты свидетельствуют об изменении размеров преобладающих нефтяных капель при использовании комбинированной технологической схемы. Совокупность полученных результатов показывает перспективность сочетания предварительной напорной флотации с последующей сепарацией и может служить основой для дальнейшего изучения гидравлических характеристик фильтра в процессе эксплуатации, а также оценки продолжительности его рабочего цикла.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, автотранспортные предприятия, напорная флотация, волокнистый полимерный сепаратор, эффективность очистки, гидравлическое сопротивление, дисперсный состав, нефтепродукты.

Статья публикуется по результатам выполнения гранта НПР СПбГАСУ 2026 года.

Введение

Сточные воды автотранспортных предприятий формируются, в частности, при мойке автомобилей, техническом обслуживании и ремонте транспортных средств и могут содержать нефтепродукты, взвешенные вещества и компоненты моющих средств. Для таких стоков характерно сочетание свободной и диспергированной нефтяной фазы, поэтому при выборе локальной технологии очистки необходимо учитывать не только исходную концентрацию загрязнений, но и их дисперсное состояние [1,2,9].

Напорная флотация применяется как физико-химическая стадия разделения нефтеводяных систем. При насыщении части потока воздухом под давлением и последующей декомпрессии образуются мелкодисперсные пузырьки, которые взаимодействуют с гидрофобной фазой и способствуют её удалению [4, 7, 8, 13]. Применение напорной флотации при очистке нефтесодержащих сточных вод было изучено в ряде экспериментальных работ, в том числе на стоках транспортных предприятий [3–6].

В качестве следующей ступени очистки могут применяться волокнистые полимерные материалы. Проведённые исследования показали, что материалы на основе полипропилена и полиэтилена способны задерживать дисперсные загрязнения, в том числе нефтепродукты [1, 10]. Возможность использования полимерных материалов, в том числе полипропилена, для очистки нефтесодержащих вод также рассматривается в работах [2, 11, 12]. По мере работы фильтра загрязнения накапливаются в межволоконном пространстве и на поверхности волокон. Это может приводить к изменению сопротивления прохождению воды и, соответственно, гидравлических характеристик фильтрующего материала [1, 10, 11]. Поэтому при оценке работы волокнистого сепаратора необходимо учитывать не только качество очистки, но и изменение его гидравлического сопротивления в процессе эксплуатации.

В данной работе исследуется схема очистки, включающая напорную флотацию и последующую фильтрацию на волокнистом полимерном сепараторе. В отличие от подачи исходной воды непосредственно на фильтр, предварительная флотация позволяет уменьшить количество нефтепродуктов, поступающих на сепаратор, и тем самым изменить условия его работы. Такой подход соответствует принципу последовательного применения различных методов очистки нефтесодержащих сточных вод, при котором предварительное удаление основной части загрязнений снижает нагрузку на последующую ступень доочистки [3, 9, 13].

Цель исследования — экспериментально сопоставить эффективность двух схем и определить изменение концентрации нефтепродуктов, дисперсного состава и гидравлической характеристики сепаратора.

Для достижения цели решались следующие задачи:

• сопоставить концентрации нефтепродуктов до и после сепаратора при непосредственной фильтрации и после предварительной флотации;

• определить эффективность отдельных стадий и суммарную эффективность комбинированной схемы;

• оценить дисперсный состав нефтяной фазы методом оптической микроскопии;

• оценить, может ли снижение загрязняющей нагрузки рассматриваться как предпосылка для увеличения продолжительности рабочего цикла.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась модельная нефтесодержащая вода. Для подготовки модельной воды использовали водопроводную воду с добавлением дизельного топлива. При проведении расчётов в качестве исходной концентрации нефтепродуктов использовали значение, установленное по результатам аналитического определения в исследуемой пробе. Массу дизельного топлива, внесённого при приготовлении модельной сточной воды, не принимали непосредственно за концентрацию нефтепродуктов, поскольку фактическое содержание загрязняющих веществ определяли перед сепаратором и флотатором в пробах.

Экспериментальную часть выполняли по двум вариантам технологической схемы. В первом варианте модельная сточная вода последовательно проходила напорную флотацию и волокнистый полимерный сепаратор. Во втором варианте предварительную флотационную обработку не проводили — воду сразу направляли на сепаратор.

Для оценки изменения качества воды на разных стадиях процесса выполняли отбор проб. При последовательном применении флотации и сепарации анализировали исходную воду, воду после напорной флотации и воду после прохождения сепаратора. При работе только с сепаратором определяли содержание нефтепродуктов в исходной воде и в фильтрате после сепарации. Такое построение эксперимента позволяло отдельно оценить вклад предварительной флотационной обработки и последующей волокнистой фильтрации в снижение концентрации нефтепродуктов.




Рисунок 1 — Экспериментальные установки: слева — пилотная установка напорной флотации с полимерным сепаратором; справа — лабораторная установка с волокнистым полимерным сепаратором.

Эффективность очистки определяли по выражению:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}} \cdot 100\%,$$

где $C_{вх}$ и $C_{вых}$ — концентрации нефтепродуктов до и после соответствующей стадии очистки, мг/л.

Для комбинированной схемы очистки определяли общую эффективность работы установки по изменению концентрации нефтепродуктов от исходного значения до показателя после сепаратора.

Дисперсный состав нефтяной фазы исследовали с помощью оптического микроскопа. Для проведения анализа небольшое количество исследуемой воды помещали на предметное стекло. После этого пробу рассматривали под микроскопом при увеличении, позволяющем хорошо различать отдельные капли нефтепродуктов. Размер капель определяли по диаметру, используя масштаб изображения. Для каждой исследуемой пробы отмечали диапазон размеров капель, которые встречались наиболее часто.

Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов оценивали эффективность работы волокнистого полимерного сепаратора. Исходную воду подавали непосредственно на сепаратор, после чего определяли концентрацию нефтепродуктов в пробах до и после прохождения фильтрующего материала. Продолжительность каждого цикла фильтрации составляла 5 мин. Полученные значения концентрации нефтепродуктов и рассчитанная по ним эффективность очистки представлены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты очистки воды при работе волокнистого полимерного сепаратора.

Опыт	До сепаратора, мг/л	После сепаратора, мг/л	Эффективность, %
1	108	7	93,52
2	17	3	82,35
3	12	2	83,33
4	50	3	94,00
5	34	5	85,29
Среднее	**44.20**	**4.00**	**87,70**

При подаче исходной воды на сепаратор средняя концентрация нефтепродуктов перед фильтрующим элементом составила 44,2 мг/л, после сепарации — 4,0 мг/л. Средняя индивидуальная эффективность очистки составила 87,70 %. Наименьшее значение эффективности наблюдалось в опыте с исходной концентрацией 17 мг/л и составило 82,35 %, максимальное — 94,00 % при исходной концентрации 50 мг/л.

На втором этапе работы оценивали эффективность волокнистого полимерного сепаратора при его использовании после предварительной напорной флотации. В этом случае на фильтрующий материал поступала уже частично очищенная вода, из которой на стадии флотации удалялась часть нефтепродуктов.Для каждой исследуемой пробы последовательно определяли содержание нефтепродуктов в исходной воде, после напорной флотации и после прохождения воды через волокнистый сепаратор. Такая последовательность измерений дала возможность рассмотреть работу каждой стадии отдельно и определить общий эффект их совместного применения.

По полученным значениям рассчитывали эффективность очистки на стадии флотации, эффективность последующей сепарации, а также суммарное снижение концентрации нефтепродуктов относительно исходной воды. Результаты проведённых испытаний приведены в таблице 2.

По результатам пяти проведённых опытов среднее содержание нефтепродуктов в воде после напорной флотации составило 12,4 мг/л. Для исходной воды это значение в среднем составляло 45,2 мг/л. Таким образом, уже на стадии флотации удалялось около 71,77 % нефтепродуктов. После прохождения предварительно обработанной воды через волокнистый полимерный сепаратор концентрация загрязнений дополнительно уменьшалась и в среднем составляла 2,8 мг/л. Общая эффективность последовательной схемы «флотация — сепарация» достигла 93,53 %.

Таблица 2
Результаты последовательной напорной флотации и полимерной сепарации.

Опыт	До флотации, мг/л	После флотации, мг/л	После сепаратора, мг/л	Эффективность, %
1	55	10	2	96.36
2	30	9	2	93.33
3	42	17	5	88.10
4	49	12	3	93.88
5	50	14	2	96.00
Среднее				**93.53**

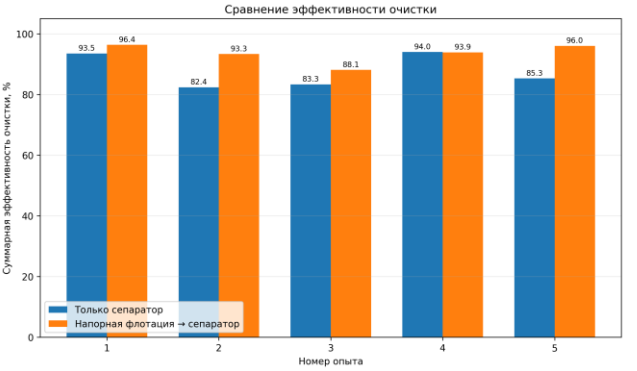


Рисунок 2 — Сравнение суммарной эффективности очистки.

Предварительная флотационная обработка существенно изменяла условия работы последующей ступени. Средняя концентрация нефтепродуктов в воде, поступавшей на сепаратор после флотации, составляла 12,4 мг/л вместо 44,2 мг/л при непосредственной подаче исходной воды. Соответственно, нефтяная нагрузка на волокнистый материал уменьшалась примерно на 71,95 %.

Полученные значения показывают, что более низкая эффективность сепаратора в комбинированной схеме сама по себе не свидетельствует о худшем результате очистки. В данном случае перед сепаратором уже была удалена значительная часть нефтепродуктов. Поэтому его функция фактически заключалась в доочистке воды с существенно меньшей концентрацией загрязнений. В результате последовательное применение двух методов обеспечило более высокую итоговую степень очистки — 93,53 % по сравнению с результатом одноступенчатой сепарации.

Таким образом, одним из основных эффектов предварительной флотации является уменьшение загрязняющей нагрузки на волокнистый полимерный сепаратор. Напорная флотация обеспечивает удаление большей части нефтепродуктов, тогда как сепаратор используется на последующей стадии для удаления остаточных загрязнений. Вместе с тем приведённых результатов недостаточно для утверждения об увеличении фактического срока службы фильтрующего материала. Для такой оценки необходимы дополнительные длительные испытания с регистрацией перепада давления в процессе работы и определением момента достижения установленного предельного значения. Сопоставление времени работы сепаратора при прямой фильтрации и после предварительной флотации позволит количественно оценить влияние двухступенчатой схемы на его эксплуатационный ресурс.

Для более полной характеристики результатов очистки дополнительно оценивали дисперсность нефтяной фазы в воде, прошедшей различные варианты обработки. Размер оставшихся в воде капель нефтепродуктов определяли с помощью оптического микроскопа. Полученные данные сравнивали для двух схем: при подаче исходной воды непосредственно на волокнистый сепаратор и при предварительной обработке воды методом напорной флотации с последующим сепарированием.

Такое сравнение позволяет проследить изменение не только содержания нефтепродуктов в воде, но и характера их распределения по размерам после очистки. Результаты микроскопического определения размеров капель сопоставляли со средней концентрацией нефтепродуктов в воде после сепаратора. Полученные значения представлены в таблице 3.

Результаты микроскопического исследования показали различия в дисперсном составе воды после двух вариантов очистки. При работе волокнистого полимерного сепаратора без предварительной обработки размер основной части наблюдаемых капель нефтепродуктов находился в пределах 15–20 мкм. При включении напорной флотации перед сепаратором размер капель в очищенной воде был ниже и преимущественно составлял 5–10 мкм.

Таблица 3
Дисперсный состав нефтяной фазы после различных схем очистки.

Схема очистки	Преобладающий размер капель после очистки, мкм	Средняя концентрация после сепаратора, мг/л
Волокнистый полимерный сепаратор	15–20	4,0
Комбинированная схема	5–10	2,8

Полученное изменение дисперсного состава показывает, что комбинированная схема обеспечивает иной характер остаточной нефтяной фазы. При этом снижение размера оставшихся капель не следует трактовать как однозначное повышение эффективности флотации или сепаратора: мелкодисперсная фаза, напротив, характеризуется более сложными условиями отделения. Поэтому дисперсный состав целесообразно рассматривать совместно с остаточной концентрацией нефтепродуктов и гидравлическими характеристиками сепаратора.

Обсуждение

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что включение напорной флотации перед полимерным сепаратором приводит к изменению исходной нагрузки на последующую ступень очистки. Средняя концентрация нефтепродуктов, поступающая на сепаратор после флотации, уменьшилась на 71,95 %. При этом средняя концентрация нефтепродуктов в очищенной воде снизилась с 4,0 до 2,8 мг/л, а средняя суммарная эффективность очистки составила 93,53 %. Подобная последовательность процессов, при которой флотация применяется для предварительного удаления нефтяных загрязнений, а затем осуществляется фильтрация, рассматривается также в работах, посвящённых очистке различных видов нефтесодержащих сточных вод.

Выводы

Предварительная напорная флотация заметно снизила содержание нефтепродуктов в воде, поступавшей на последующую ступень сепарации. Если до флотационной обработки средняя концентрация составляла 44,2 мг/л, то после неё она уменьшилась до 12,4 мг/л. Таким образом, на волокнистый полимерный сепаратор поступало примерно на 71,95 % меньше нефтепродуктов по сравнению с исходной водой.

При подаче воды непосредственно на волокнистый полимерный сепаратор средняя эффективность удаления нефтепродуктов составила 87,70 %. Включение предварительной флотации в технологическую схему повысило суммарную степень очистки до 93,53 %. Это показывает, что разделение процессов на две последовательные ступени позволяет снизить нагрузку на волокнистый материал и повысить общий эффект очистки.

Различия наблюдались и в качестве воды после заключительной ступени. При использовании одной только сепарации средняя остаточная концентрация нефтепродуктов составляла 4,0 мг/л. После предварительной флотации этот показатель снизился до 2,8 мг/л. Следовательно, дополнительная флотационная ступень обеспечивала более низкое содержание нефтепродуктов в воде, поступающей на выходе из всей системы.

По результатам микроскопического анализа изменялся также размер остаточных нефтяных капель. В пробах после работы одного волокнистого сепаратора в основном фиксировались капли порядка 15–20 мкм. При последовательной обработке «напорная флотация — волокнистый сепаратор» преобладающий размер капель был меньше и находился преимущественно в диапазоне 5–10 мкм. Полученные наблюдения указывают на отличие дисперсного состава остаточного загрязнения при двух исследованных вариантах очистки.

Таким образом, предварительная флотация обеспечивает заметное снижение концентрации нефтепродуктов перед подачей сточной воды на волокнистый сепаратор и уменьшает загрязняющую нагрузку на его фильтрующий материал. При этом по результатам проведённых опытов нельзя непосредственно сделать вывод об увеличении срока службы сепаратора. Для подтверждения такого эффекта требуется проведение серии повторяющихся циклов фильтрации и регенерации с сопоставлением результатов при одинаковом предельном перепаде давления.

Литература

1. Корнеева Е. А., Авсюкевич А. П., Летенко Д. Г. Волокнистый фильтр и эффективность его использования при фильтрации сточных вод // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 4 (105). С. 70–79. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-4-70-79.
2. 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. – DOI 10.32683/0536-1052-2025-799-7-107-115. – EDN UNHRLS.
3. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Лисенков Р. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий железнодорожного транспорта методом напорной флотации // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 2 (56). С. 76–83. DOI: 10.52409/20731523_2021_2_76.
4. Al-Shamrani A. A., James A., Xiao H. Separation of oil from water by dissolved air flotation // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2002. Vol. 209, No. 1. P. 15–26. DOI: 10.1016/S0927-7757(02)00208-X.
5. Vaughan R. L., Reed B. E., Roark G. W., Masciola D. A. Pilot-Scale Investigation of Chemical Addition-Dissolved Air Flotation for the Treatment of an Oily Wastewater // Environmental Engineering Science. 2000. Vol. 17, No. 5. P. 267–277. DOI: 10.1089/ees.2000.17.267.
6. Hanafy M. I., Nabih H. I. Treatment of Oily Wastewater Using Dissolved Air Flotation Technique // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2007. Vol. 29, No. 2. P. 143–159. DOI: 10.1080/009083190948711.
7. Painmanakul P., Sastaravet P., Lersjintanakarn S., Khaodhiar S. Effect of bubble hydrodynamic and chemical dosage on treatment of oily wastewater by Induced Air Flotation (IAF) process // Chemical Engineering Research and Design. 2010. Vol. 88, No. 5–6. P. 693–702. DOI: 10.1016/j.cherd.2009.10.009.
8. Qi W. K., Yu Z. C., Liu Y. Y., Li Y. Y. Removal of emulsion oil from oilfield ASP wastewater by internal circulation flotation and kinetic models // Chemical Engineering Science. 2013. Vol. 91. P. 122–129. DOI: 10.1016/j.ces.2013.01.020.
9. S., Bhattacharya S., Sen D., Bhattacharjee C. A review on the application of different treatment processes for emulsified oily wastewater // International Journal of Environmental Science and Technology. 2019. Vol. 16, No. 5. P. 2525–2536. DOI: 10.1007/s13762-018-2055-6.
10. Singh C. J., Mukhopadhyay S., Rengasamy R. S. Fibrous coalescence filtration in treating oily wastewater: A review // Journal of Industrial Textiles. 2022. Vol. 51, No. 3S. P. 3648S–3682S. DOI: 10.1177/15280837211040863.
11. Tomczak W., Gryta M. Application of Capillary Polypropylene Membranes for Microfiltration of Oily Wastewaters: Experiments and Modeling // Fibers. 2021. Vol. 9, No. 6. Article 35. DOI: 10.3390/fib9060035.
12. Gruzinova V., Romanovski V. Optimizing Oil-Contaminated Wastewater Purification with Polypropylene Thread Waste // Waste and Biomass Valorization. 2025. Vol. 16. P. 2521–2533. DOI: 10.1007/s12649-024-02806-8.
13. Shen W., Mukherjee D., Koirala N., Hu G., Lee K., Zhao M., Li J. Microbubble and nanobubble-based gas flotation for oily wastewater treatment: a review // Environmental Reviews. 2022. Vol. 30, No. 3. P. 359–379. DOI: 10.1139/er-2021-0127.

Effect of preliminary pressure flotation on the operation of a fibrous polymer separator for wastewater treatment

Korneeva E.A.
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The paper presents the results of an experimental comparison of two technological approaches to the treatment of oil-containing wastewater: direct filtration using a polymeric fiber separator and the application of preliminary pressure flotation followed by polymeric separation. It was established that the inclusion of a pressure flotation stage significantly reduces the oil load on the subsequent filtering element and improves the overall treatment efficiency. To further assess the characteristics of oil-phase separation, the dispersed-phase composition was investigated using optical microscopy. The results indicate a change in the size distribution of the predominant oil droplets when the combined treatment scheme is applied. The findings demonstrate the potential of combining preliminary pressure flotation with subsequent separation and may provide a basis for further investigation of the hydraulic characteristics of the filter during operation, as well as for assessing the duration of its operating cycle.

Keywords: oily wastewater, motor transport enterprises, pressure flotation, fibrous polymer separator, treatment efficiency, hydraulic resistance, dispersion, petroleum products.

The article is published based on the results of the 2026 grant implementation by the Research and Development Department of SPbGASU.

References

1. Korneeva E. A., Avsyukevich A. P., Letenko D. G. Fibrous filter and the efficiency of its use in wastewater filtration // Bulletin of Civil Engineers. 2024. No. 4 (105). pp. 70–79. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-4-70-79.
2. Korneeva E. A., Avsyukevich A. P., Utin A. V. Application of a polymer-based filter for the treatment of oily wastewater // News of Higher Educational Institutions. Construction. 2025. No. 7 (799). pp. 107–115. DOI: 10.32683/0536-1052-2025-799-7-107-115. EDN UNHRLS.
3. Busarev A. V., Selyugin A. S., Lisenkov R. A. Treatment of oily wastewater from railway transport facilities using pressure flotation // News of the Kazan State University of Architecture and Engineering. 2021. No. 2 (56). pp. 76–83. DOI: 10.52409/20731523_2021_2_76.
4. Al-Shamrani A. A., James A., Xiao H. Separation of oil from water by dissolved air flotation // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2002. Vol. 209, No. 1. P. 15–26. DOI: 10.1016/S0927-7757(02)00208-X.
5. Vaughan R. L., Reed B. E., Roark G. W., Masciola D. A. Pilot-Scale Investigation of Chemical Addition-Dissolved Air Flotation for the Treatment of an Oily Wastewater // Environmental Engineering Science. 2000. Vol. 17, No. 5. P. 267–277. DOI: 10.1089/ees.2000.17.267.

Методы обследования продуктово-рыночных контуров IT-компаний

Кудинов Павел Сергеевич
аспирант, Факультет бизнеса, Московский университет «Синергия», 1970057@gmail.com

Статья описывает воспроизводимую последовательность обследования продуктово-рыночных контуров IT-компаний. Цель работы — обеспечить сопоставимость оценки организационных практик и клиентских результатов при явной фиксации границ процесса, источников данных и правил исключения записей. Методический набор объединяет SIPOC и RACI, 24-пунктовую шкалу процессно-метрической зрелости IPM, закрытые клиентские когорты и показатели активации, удержания, расширения, времени до ценности и стабильности повторяющейся выручки. Для проверки связей предусмотрены ранговые критерии, перестановочная процедура, бутстреп-интервалы и последовательная поправка множественных сравнений. Результатом является документированный порядок получения показателей, позволяющий отделять стандартные методы от авторских параметров и проверять устойчивость выводов. Весовые коэффициенты, пороговые значения и расчётные сценарии не являются отраслевыми нормативами и должны подтверждаться на полевых данных.

Ключевые слова: цифровой маркетинг, процессно-метрическая зрелость, IPM, QCB, клиентская база, воспроизводимый расчёт, IT-компании.

Методика объединяет описание процесса, документированную оценку организационных практик и расчёт клиентских показателей. В полевом исследовании применяется последовательный смешанный дизайн: сначала уточняются границы контура и доступные данные, затем проводятся оценивание и расчёты, после чего интервью объясняют выявленные расхождения. Основание выбора такого дизайна — необходимость сопоставлять количественные результаты с организационными условиями их получения [1]. В выполненной апробации реализована только расчётная часть; анкета и интервью представлены как инструменты будущего сбора данных.

Для включения реального контура необходимы определённые продукт, целевой сегмент и модель оплаты, возможность установить событие входа и событие активации, а также сведения о завершённых горизонтах удержания. Подтверждение участия организации и доступ к данным оформляются до их выгрузки. Для каждой компании фиксируются способ привлечения к исследованию, причины отказа и перечень контуров, не прошедших критерии включения. Целевой отбор допускается для апробации методики, но не даёт оснований оценивать распространённость выявленных практик во всём IT-секторе.

Границы процесса описываются в SIPOC-формате: поставщик, вход, последовательность действий, выход и получатель. Такое описание предназначено для фиксации процесса на верхнем уровне [2]. В авторском применении к каждому переходу дополнительно указываются идентификатор клиента, критерий приёмки, предельный срок и контрольная метрика. RACI используется как заимствованный способ распределения ролей: исполнитель R, лицо с итоговой ответственностью A, консультируемый участник C и информируемый участник I [3]. За одно действие закрепляется один A; несколько исполнителей допустимы.

Таблица 1
Источники данных и правила их сведения

Источник	Минимальные поля	Контроль и ответственный
CRM	company_id, contour_id, account_id, cohort_id, источник, профиль, дата входа	Продажи: уникальность клиента, статус и причина исхода
Продуктовая аналитика	account_id, событие, дата, версия определения активации	Продукт: тестовые аккаунты, дубли, порядок событий
Внедрение	Дата старта, согласованный результат, дата его достижения	Внедрение: подтверждение результата клиентом
Биллинг	account_id, месяц начисления, регулярная сумма, валюта	Финансы: сверка начислений; исключение разовых платежей
Документы и оценки	Версия регламента, код пункта, балл, свидетельство, роль	Координатор: проверяемость основания каждого балла
Отказы и интервью	Код случая, стадия, текст причины, дата, источник подтверждения	Сопровождение: один первичный случай, раздельные коды причины и стадии

Идентификация выполняется внутри контура по устойчивому account_id; связь между системами хранится в отдельной таблице соответствия. При обезличивании реальные идентификаторы заменяются устойчивыми кодами, а таблица обратного соответствия остаётся у организации. Персональные контакты и свободный текст с идентифицирующими сведениями в аналитический массив не переносятся. Повторная техническая регистрация одного аккаунта объединяется по утверждённому правилу, но реальное повторное обращение после завершённого цикла сохраняется как отдельное событие того же клиента.

Записи с неопределённым контуром, невозможной последовательностью дат или тестовым статусом исключаются из соответствующего расчёта и заносятся в журнал. Отсутствие причины отказа не является основанием исключать сам отрицательный исход. Незавершённый горизонт удержания помечается как цензурированное наблюдение; такой клиент не включается в знаменатель фиксированной доли удержания. Для долей всегда публикуются числитель, знаменатель и число исключённых или ещё не наблюдённых исходов. При нулевом знаменателе показатель считается неопределённым, а не равным нулю.

Оценка зрелости содержит 24 пункта — по четыре для каждого из шести направлений. Состав анкеты приведён в приложении A, рубрикатор — в приложении B. Общий подход к проектированию и оценке моделей зрелости опирается на работу Becker, Knackstedt и Pöppelbuß [4]. Перечень направлений, конкретные вопросы, документальные признаки и правила интерпретации IPM разработаны для рассматриваемого маркетингового контура; они не являются заимствованной валидированной шкалой.

Полевое оценивание предполагает не менее двух информированных участников на контур: представителя передающей и принимающей функции. В состав группы включаются маркетинг, продажи, продукт, внедрение, сопровождение и аналитика; финансы подтверждают денежные показатели. Один эксперт может оценивать несколько направлений, но отвечает только за известную ему практику. Перед началом проводится разбор одинаковых

учебных ситуаций по рубрикатору. В анкете фиксируются роль, стаж работы с контуром и ссылки на свидетельства, а не фамилия респондента.

Таблица 2
Общий рубрикатор баллов зрелости

Балл	Условие присвоения	Необходимое свидетельство
0	Практика отсутствует; отсутствие подтверждено	Проверка владельцем процесса и аудит доступных документов
1	Есть единичные действия без общего правила	Хотя бы один датированный случай; единый порядок не установлен
2	Правило закреплено и применяется повторно, но неполно	Документ и два случая применения; сохраняются пропуски или разрыв передачи
3	Практика выполняется во всём установленном контуре	Владелец, единое правило, журнал исполнения и разбор отклонений за три периода
4	Практика уровня 3 совершенствуется с проверкой результата	Хотя бы два завершённых цикла изменения с критериями оценки и повторным измерением
НД	Нет достаточных сведений	Фиксация недостающего свидетельства; балл не выставляется

Каждый участник независимо выставляет целый балл от 0 до 4. При расхождении не более одного балла используется среднее; большее расхождение рассматривается координатором по документам. Если оно не устранено, спорный пункт получает НД и отдельное диагностическое описание. Направление рассчитывается при наличии не менее трёх оценённых пунктов из четырёх, общий индекс — при наличии всех шести направлений. Для основного сравнительного анализа используются полные записи; расчёт по трём пунктам допускается только как дополнительный вариант с явным указанием неполноты. В синтетическом сценарии все пункты заполнены, а средние двух условных оценщиков служат входом арифметического примера.

$$S_{ij} = \frac{s_{ij1} + \ldots + s_{ijK}}{K},\ IPM = \frac{25}{6}(S_1 + \ldots + S_6) (1.1)$$

Здесь Sij — средняя оценка направления j в контуре i; s — согласованная оценка пункта; K — число заполненных пунктов направления. При полном заполнении K = 4. IPM находится в диапазоне от 0 до 100. Взвешенная версия рассчитывается как 25, умноженное на сумму произведений частных оценок на веса; сумма шести весов равна единице. Равные веса являются авторским допущением, а не способом устранить субъективность. Поэтому профиль S1–S6 публикуется вместе с IPM, а вывод проверяется при альтернативных весах [5].

Для описания профиля приняты ориентиры IPM < 50, от 50 до менее 75 и от 75 до 100. Они соответствуют среднему баллу ниже 2, от 2 до менее 3 и не ниже 3 по исходному рубрикатору. Это рабочие границы диагностических состояний, а не отраслевые нормативы. Они не позволяют автоматически признать все процессы управляемыми: при S5 = 1 высокий средний балл не снимает проблему онбординга. Критическое направление определяется по частной оценке и связанному результату, а статистические связи анализируются по непрерывному IPM.

Для клиентских метрик задаётся закрытая когорта — аккаунты, вошедшие в один и тот же тип процесса в сопоставимом периоде. Входом может быть старт согласованного пилота или начало использования self-service продукта. Определение не меняется внутри сравнения. F показывает долю аккаунтов, соответствующих заранее записанным критериям профиля, среди всех вошедших в когорту. A — долю достигших согласованного события первичной ценности среди тех же аккаунтов. Неподходящий по профилю клиент может активироваться; числитель F не ограничивает числитель A.

$$F = \frac{N_{fit}}{N_{entry}},\ A = \frac{N_{activated}}{N_{entry}},\ R = \frac{N_{retained}}{N_{activated}},\ E = \frac{N_{expand}}{N_{retained}} (1.2)$$

R отражает сохранение значимого использования активированными аккаунтами на фиксированном горизонте после активации. E оценивает подтверждённый потенциал развития среди удержанных аккаунтов: наличие документированной потребности и технической возможности добавить пользователей, функции либо объём использования. Коммерческое предположение без подтверждения не включается в числитель. Полный словарь переменных и правила исключения раскрыты в приложении Г. Для метрик активации и удержания в расчётном примере все исходные когорты считаются достигшими контрольного горизонта.

$$QCB = 25(F + A + R + E) (1.3)$$

Индекс QCB объединяет четыре доли и принимает значения от 0 до 100. Он характеризует качество прохождения клиентского пути в выбранных границах. QCB нельзя трактовать как вероятность успешного исхода, долю лояльных клиентов или стоимость клиентского портфеля. Усреднение допускает компенсацию слабой стадии сильной; поэтому решение принимается по компонентам. Потенциал развития также не приравнивается к фактической продаже. При отсутствии возможности оценить E используется отдельный трёхкомпонентный диагностический вариант, который не смешивается с базовым индексом.

Таблица 3
Условия измерения времени до ценности и удержания

Модель сценария	Событие первичной ценности	Горизонт R	База TTV
B2B SaaS	Согласованный рабочий результат с данными клиента	90 дней	30 дней
Self-service / freemium	Ключевая полезная операция в продукте	30 дней	7 дней
Лицензия / on-premise	Принятый клиентом результат внедрения	365 дней	90 дней
Usage-based	Первая результативная операция по назначению сервиса	90 дней	14 дней

Примечание: горизонты и базы TTV заданы для расчётного сценария. Перед полевым исследованием они согласуются по продуктам и фиксируются до анализа результатов; они не являются рыночными нормативами.

Окно активации в сценарии равно двум базовым срокам TTV: 60 дней для SaaS, 14 для Self, 180 для License и 28 для Usage. Удержанным считается активированный аккаунт с хотя бы одним значимым событием использования в последние 30 дней своего горизонта; для Self используется окно 7 дней. Это правило закрепляет различие между фактом оплаты и использованием. Для реального продукта событие и частота контроля должны соответствовать его назначению и фиксироваться до формирования когорт.

TTV измеряется от установленной даты входа до первого достижения первичной ценности. Основная характеристика контура — медиана времени среди достигших события. Одновременно обязательно показываются доля недостигших события и продолжительность их наблюдения: низкая медиана только у успешных клиентов может скрывать большую потерю остальных. При большом числе незавершённых случаев для полевого исследования требуется анализ времени до события с учётом цензурирования. В данном сценарии проверяется лишь процедура нормирования агрегированного TTV.

$$TTV_{rel} = \frac{TTV_{median}}{TTV_{benchmark}},\ CAC_{activated} = \frac{C_{cohort}}{N_{activated}} (2.4)$$

Фиксированная база TTV позволяет сравнивать отклонение от заранее определённого срока, а не от медианы уже полученного массива. В качестве проверки чувствительности применяется и деление на медиану TTV внутри типа предложения. При изменении базы сохраняются сами дни и их исходное определение. CAC активированного клиента рассчитывается по затратам на привлечение соответствующей когорты; распределение общих расходов утверждается заранее. Суммы разных валют и периодов без приведения к единой базе не объединяются.

Стабильность повторяющейся выручки измеряется отдельно от её уровня и роста. Для каждого контура используется ряд регулярных начислений за 12 сопоставимых месяцев. Исключаются разовая продажа лицензии, разовое внедрение и транзитные платежи; в лицензионном контуре учитывается регулярная поддержка. В freemium-продукте ряд относится к платящим аккаунтам того же контура. Сопоставление с QCB в таком случае допустимо на уровне контура, но не доказывает, что финансовый результат обеспечен каждой бесплатной когортой.

$$CV = \frac{s_{revenue}}{\bar{y}_{revenue}},\ ISR = \frac{100}{1 + CV} (2.5)$$

В формуле 2.5 используется выборочное стандартное отклонение с делителем 11 и средняя месячная регулярная выручка. При среднем не выше нуля или при отсутствии 12 сопоставимых месяцев ISR не рассчитывается. Индекс стремится к 100 при отсутствии колебаний. Стабильный низкий доход также может давать высокий ISR; показатель не заменяет оценку прибыли, динамики продаж и концентрации клиентов. При тренде или сезонности коэффициент вариации смешивает систематическое изменение с колебаниями, поэтому ряд дополнительно рассматривается по месяцам. Для полевых данных предусматривается сравнение сезонно сопоставимых периодов.

Паспорта показателей отделяют стандартные методы от авторских решений. SIPOC, RACI, ранговая корреляция и непараметрические критерии заимствованы. Состав шести направлений IPM, четыре компонента QCB, диагностическое преобразование CV в ISR и правила выбора действия являются авторской операционализацией. Общие требования к нормированию, взвешиванию и анализу чувствительности составных показателей учитываются по руководству OECD и JRC [5]. Взвешивание не калибровалось под максимальную корреляцию.

Таблица 4
План проверки гипотез

Гипотеза	H0 и альтернатива	Переменные и критерий	Ограничение
H1	H0: независимость; альтернатива: положительная ранговая связь	IPM и QCB; ρ Спирмена, перестановка пар	Общие причины и обратная связь между успехом и ресурсами
H2	H0: одинаковые распределения; альтернатива: более высокие A и R при L = 1	L = 1/0; отдельно U для A и R	Различие распределений не тождественно различию медиан
H3	H0: независимость; альтернатива: отрицательная связь с TTV и положительная с R	S5–TTVrel и S5–R; ρ Спирмена	Срок наблюдается среди активированных; сложность продукта
H4	H0: независимость; альтернатива: положительная ранговая связь	QCB и ISR; ρ Спирмена	Стабильность не равна прибыльности; посредничество не проверяется

Практика L фиксируется независимо от полученного результата: L = 1 означает наличие регулярного отчёта, связывающего источник привлечения с активацией и удержанием, и документированное использование этого отчёта в решении. L = 0 означает отсутствие такого сочетания. Во внешнем исследовании неопределённый статус кодируется отдельно. Нельзя присвоить L = 1 только потому, что у компании высокое удержание. В синтетическом сценарии L является заранее сгенерированным признаком и одинаков для контуров одной условной компании.

В основной демонстрации показатели контуров усредняются внутри каждой компании без взвешивания по числу пользователей. Каждая из 27 условных компаний получает один вес. Это предотвращает искусственное увеличение объёма независимой выборки до 36. Цена такого решения — потеря внутрифирменных различий; поэтому профиль и управленческий разбор сохраняются на уровне контура. В реальном исследовании компании с различным L по продуктам требуют заранее заданного правила или модели с учётом группировки; присваивать статус по более успешному продукту недопустимо.

Для H1, H3 и H4 рассчитывается корреляция Спирмена. Малый массив и совпадающие ранги требуют осторожности с асимптотическими p-значениями; используется перестановочная процедура с 9 999 случайными перестановками на уровне компаний [6]. Нулевая гипотеза здесь означает независимость при обменности наблюдений, что сильнее утверждения только о нулевом коэффициенте. Для H2 применяется статистика Манна—Уитни и перестановка принадлежности к группам [7]. Проверки двусторонние, а содержательная поддержка требует дополнительно ожидаемого знака эффекта.

Семейство включает шесть элементарных проверок: одну для H1, две для H2, две для H3 и одну для H4. Уровень семейной значимости принят равным 0,05; используется последовательная поправка Холма [8]. Для полной поддержки H2 либо H3 требуется выполнение обоих условий. Если скорректированное p не превышает 0,05 и направление соответствует гипотезе, она получает статистическую поддержку в данном массиве; иначе данных для поддержки недостаточно. Нулевая гипотеза не объявляется доказанной. На синтетических данных это правило демонстрирует вычислительную процедуру и не подтверждает гипотезу об отрасли.

Для корреляций дополнительно получаются 95-процентные процентильные бутстреп-интервалы по 2 000 повторным выборкам компаний с возвращением. Для H2 приводятся рангово-бисериальная корреляция и интервал разности медиан; последний описывает величину различия, а не меняет нулевую гипотезу U-критерия. Случайные начальные состояния генератора закреплены в коде. Интервалы относятся к вариации условных записей и не отражают неопределённость распространения вывода на реальные предприятия.

Критерий Краскела—Уоллиса может использоваться при заранее заданном сравнении трёх независимых групп, однако в этой апробации он не включается в семейство проверок [9]. Группы зрелости нужны только для описания; основной тест сохраняет непрерывный IPM. Подгруппы из четырёх типов монетизации слишком малы для надёжных сравнений. Отдельные модели с большим числом контрольных переменных, критерий Собеля и оценка косвенного эффекта исключены. Для анализа посредничества нужны обоснованная временная последовательность и контроль смешения [10, 11].

Шкала IPM объединяет составляющие практики, а не предполагает один психологический признак. Поэтому высокая альфа Кронбаха для всех 24 пунктов не является обязательным условием качества индекса. При полевой проверке внутреннюю согласованность можно исследовать отдельно для содержательно однородных блоков, сопоставляя её с назначением пунктов [12]. На синтетических ответах альфа не используется как доказательство надёжности. Согласие оценщиков проверяется по первичным оценкам и причинам расхождения; для порядковых баллов при подходящем дизайне рассчитывается взвешенная каппа, а для категорий потерь — согласованность кодирования.

Полуструктурированное интервью занимает планово 30–45 минут и строится вокруг конкретного случая передачи клиента, незавершённого внедрения или изменения процесса. Гайд приведён в приложении Б. Дата, длительность, роль участника, разрешённый способ фиксации и идентификаторы обсуждаемых случаев заносятся в протокол. Утверждение респондента сопоставляется с документом или цифровой записью; совпадение двух мнений само по себе не превращает его в установленный факт. Интервью раскрывает возможное объяснение, а не оценивает причинный эффект.

Потери кодируются по единой схеме приложения Д. Единицей служит завершённый отрицательный исход одного клиентского цикла, а не сообщение поддержки. При нескольких причинах назначается один основной код по наиболее прямо подтверждённой причине; дополнительные причины хранятся отдельно. Доля основных кодов имеет один знаменатель, доля дополнительных упоминаний может превышать 100 % в сумме и маркируется иначе. Второй кодировщик независимо оценивает не менее 20 % записей, отобранных случайно с охватом стадий. Разногласия протоколируются до согласования [13].

Анализ чувствительности включает два альтернативных вектора весов IPM, увеличение веса удержания в QCB, исключение E, изменение нормирования TTV и последовательное исключение одной компании. Дополнительно сопоставляются категории при границах 50/75 и исходных рабочих границах 40/60. Основной результат оценивается по направлению связей и устойчивости рангов; переход конкретного контура в другую группу фиксируется как ограничение классификации. Изменение правил не используется для выбора наиболее выгодного p-значения.

Порядок расчёта воспроизводится программой reproduce.py: формирование исходных условных записей, проверка допустимых значений, расчёт S1–S6, IPM и клиентских долей, построение QCB и ISR, объединение по компании, статистические проверки, поправка Холма и анализ чувствительности. Расчёт выполнен в Python 3.12.14 с NumPy 2.3.5, pandas 2.2.3 и SciPy 1.17.0. В электронном приложении сохранены значения, код, версии зависимостей и полный результат. Программа не запрашивает сведения организаций и не подключается к внешним системам.

Литература

1. Creswell J. W., Creswell J. D. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. — 6th ed. — Thousand Oaks : SAGE Publications, 2023. — 291 p.
2. American Society for Quality. SIPOC+CM Diagram. — URL: https://asq.org/quality-resources/sipoc (дата обращения: 11.09.2026).
3. Project Management Institute. Roles, responsibilities, and resources. — URL: https://www.pmi.org/learning/library/best-practices-managing-people-quality-management-7012 (дата обращения: 11.09.2026).
4. Becker J., Knackstedt R., Pöppelbuß J. Developing Maturity Models for IT Management: A Procedure Model and its Application // Business & Information Systems Engineering. — 2009. — Vol. 1, no. 3. — P. 213–222.
5. OECD, European Union, European Commission Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. — Paris : OECD Publishing, 2008. — 162 p.
6. SciPy. scipy.stats.spearmanr: Spearman rank-order correlation coefficient. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.spearmanr.html (дата обращения: 11.09.2026).
7. SciPy. scipy.stats.mannwhitneyu: Mann–Whitney U rank test. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.mannwhitneyu.html (дата обращения: 11.09.2026).
8. Holm S. A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure // Scandinavian Journal of Statistics. — 1979. — Vol. 6, no. 2. — P. 65–70.
9. SciPy. scipy.stats.kruskal: Kruskal–Wallis H-test. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.kruskal.html (дата обращения: 11.09.2026).
10. Hayes A. F. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. — 3rd ed. — New York : Guilford Press, 2022. — 732 p.
11. Schuler M. S., Coffman D. L., Stuart E. A., Nguyen T. Q., Vegetabile B., McCaffrey D. F. Practical challenges in mediation analysis: A guide for applied researchers. — 2024. — arXiv:2402.01003. — URL: https://arxiv.org/abs/2402.01003 (дата обращения: 11.09.2026).
12. Tavakol M., Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha // International Journal of Medical Education. — 2011. — Vol. 2. — P. 53–55.
13. McHugh M. L. Interrater reliability: The kappa statistic // Biochemia Medica. — 2012. — Vol. 22, no. 3. — P. 276–282.

Methods for analyzing the product-market contours of IT companies

Kudinov P.S.
Moscow Synergy University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The paper sets out a reproducible procedure for examining product-market contours in IT companies. Its purpose is to make assessments of organisational practices and customer outcomes comparable by explicitly defining process boundaries, data sources, and record exclusion rules. The method combines SIPOC and RACI, a 24-item process-metric

maturity scale (IPM), closed customer cohorts, and measures of activation, retention, expansion, time to value, and recurring-revenue stability. Association testing is supported by rank statistics, permutation inference, bootstrap confidence intervals, and a sequential multiple-testing adjustment. The result is a documented calculation sequence that separates standard methods from author-defined parameters and allows the robustness of findings to be tested. The proposed weights, thresholds, and calculation scenarios are not industry standards and require confirmation with field data.
Keywords: digital marketing, process-metric maturity, IPM, QCB, customer base, reproducible calculation, IT companies.

References

1. Creswell J. W., Creswell J. D. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. — 6th ed. — Thousand Oaks : SAGE Publications, 2023. — 291 p.
2. American Society for Quality. SIPOC+CM Diagram. — URL: https://asq.org/quality-resources/sipoc (accessed: 2026-09-11).
3. Project Management Institute. Roles, responsibilities, and resources. — URL: https://www.pmi.org/learning/library/best-practices-managing-people-quality-management-7012 (accessed: 2026-09-11).
4. Becker J., Knackstedt R., Pöppelbuß J. Developing Maturity Models for IT Management: A Procedure Model and its Application // Business & Information Systems Engineering. — 2009. — Vol. 1, no. 3. — P. 213–222.
5. OECD, European Union, European Commission Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. — Paris : OECD Publishing, 2008. — 162 p.
6. SciPy. scipy.stats.spearmanr: Spearman rank-order correlation coefficient. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.spearmanr.html (accessed: 2026-09-11).
7. SciPy. scipy.stats.mannwhitneyu: Mann–Whitney U rank test. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.mannwhitneyu.html (accessed: 2026-09-11).
8. Holm S. A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure // Scandinavian Journal of Statistics. — 1979. — Vol. 6, no. 2. — P. 65–70.
9. SciPy. scipy.stats.kruskal: Kruskal–Wallis H-test. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.17.0/reference/generated/scipy.stats.kruskal.html (accessed: 2026-09-11).
10. Hayes A. F. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. — 3rd ed. — New York : Guilford Press, 2022. — 732 p.
11. Schuler M. S., Coffman D. L., Stuart E. A., Nguyen T. Q., Vegetabile B., McCaffrey D. F. Practical challenges in mediation analysis: A guide for applied researchers. — 2024. — arXiv:2402.01003. — URL: https://arxiv.org/abs/2402.01003 (accessed: 2026-09-11).
12. Tavakol M., Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha // International Journal of Medical Education. — 2011. — Vol. 2. — P. 53–55.
13. McHugh M. L. Interrater reliability: The kappa statistic // Biochemia Medica. — 2012. — Vol. 22, no. 3. — P. 276–282.

Подход к отбору информативных признаков сетевого трафика для оперативного обнаружения компьютерных атак

Кузьмичев Владимир Андреевич
кандидат технических наук, начальник лаборатории (научно-исследовательской), Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, vka@mil.ru,

Ильина Марина Анатольевна
младший научный сотрудник, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, vka@mil.ru

В статье рассматривается задача оперативного обнаружения компьютерных атак на основе анализа статистических характеристик сетевого трафика. Описаны проблема избыточности признакового описания сетевых сессий и негативное влияние взаимной зависимости параметров на скорость и устойчивость работы алгоритмов классификации. Предложен двухэтапный подход к отбору признаков, сочетающий устранение линейно зависимых параметров на основе коэффициента корреляции Пирсона и последующее ранжирование оставшихся характеристик по критерию информативности с помощью ансамбля решающих деревьев. Приведены результаты экспериментальной проверки предложенного подхода на размеченных данных сетевого трафика, подтвердившие возможность сокращения числа анализируемых признаков и ускорения классификации более чем в 3 раза при сохранении точности и полноты обнаружения атак на уровне не ниже 98%.
Ключевые слова: обнаружение компьютерных атак, сетевой трафик, отбор информативных признаков, решающие деревья, классификация трафика.

Введение

В настоящее время обеспечение безопасности современных информационно-телекоммуникационных сетей существенно осложняется широким распространением протоколов сквозного шифрования, вследствие чего традиционные средства глубокого анализа пакетов (DPI) теряют свою практическую эффективность. В этих условиях основным подходом к своевременному выявлению компьютерных атак становится несигнатурный анализ агрегированных характеристик сетевых сессий: объёмов передаваемых данных, межпакетных интервалов и служебных флагов заголовков.

Однако современные средства агрегации сетевого трафика формируют избыточные описания соединений, включающие от 80 и более первичных характеристик (признаков сетевых сессий). Обработка полного набора признаков такой размерности в высокоскоростных каналах связи требует значительных аппаратных ресурсов и приводит к задержкам при классификации трафика в реальном времени. Кроме того, многие сетевые характеристики функционально дублируют друг друга, создавая эффект мультиколлинеарности, а включение в анализ адресной информации и временных меток (IP-адресов и портов) ведёт к переобучению моделей под конкретную сетевую топологию вместо выявления общих закономерностей компьютерных атак.

В этой связи актуальной научно-технической задачей представляется разработка подходов к обоснованному снижению размерности признакового пространства, позволяющих исключить топологически зависимые и избыточные характеристики сетевых сессий без снижения качества распознавания угроз.

Таким образом, целью исследования является разработка и экспериментальное обоснование двухэтапного подхода к отбору информативных признаков сетевого трафика, обеспечивающего ускорение классификации при сохранении точности обнаружения компьютерных атак на уровне не ниже 98%.

1 Анализ существующих подходов к отбору признаков сетевого трафика

Вопросам применения методов машинного обучения для анализа сетевого трафика и обнаружения компьютерных атак посвящено значительное число исследований [1, 2]. Для описания трафика авторы традиционно используют статистические агрегаторы — CICFlowMeter [7], Argus и другие [6], — генерирующие от нескольких десятков до более чем сотни параметров на каждую сессию.

Для снижения размерности признакового пространства в литературе выделяют три группы методов [4, 5]:

Методы фильтрации основаны на статистических критериях — взаимной информации, дисперсии, коэффициентах корреляции Пирсона или Спирмена. Они вычислительно просты, но учитывают только линейные и изолированные связи, оставляя без внимания сложные нелинейные зависимости, характерные для сетевых атак.

Обёрточные методы оценивают информативность подмножества признаков путём многократного обучения классификатора на различных их комбинациях. Такой подход обеспечивает высокую точность отбора, однако его вычислительная сложность резко растёт с увеличением объёма данных.

Встроенные методы, основанные на оценке значимости признаков в ансамблях деревьев, используют индекс Джини или прирост информации (Information Gain), в частности в алгоритме случайного леса. Они быстро сходятся и выявляют нелинейные закономерности, но склонны завышать значимость непрерывных числовых признаков с высокой вариативностью.

Анализ ряда опубликованных работ [1, 2, 4, 5] позволяет выделить ряд существенных ограничений.

Во-первых, при использовании встроенных методов зачастую не учитывается мультиколлинеарность: ранжирование по индексу Джини применяется без предварительной фильтрации, из-за чего в итоговый набор попадают сильно скоррелированные признаки (например, средняя длина пакета и средний размер сегмента, $r > 0{,}9$), что создаёт избыточность вычислений и снижает устойчивость модели.

Во-вторых, требованиям оперативности уделяется недостаточно внимания: критерием оптимизации почти всегда выступает точность классификации, тогда как время вычисления признаков и задержки при обработке потока в реальном времени остаются вне рассмотрения.

В-третьих, в ряде работ в состав анализируемых параметров ошибочно включаются топологически зависимые данные — IP-адреса, служебные порты, абсолютные временные метки, — что приводит к ложной информативности и снижает способность модели обобщать результаты при изменении архитектуры сети.

Таким образом, актуальной задачей представляется разработка комплексного подхода, объединяющего предварительную фильтрацию линейно зависимых признаков с последующей оценкой их нелинейного вклада ансамблевыми алгоритмами, исключающего топологические артефакты и обеспечивающего минимальное время обработки сетевых сессий.

2 Двухэтапный подход к отбору информативных признаков сетевого трафика

Предлагаемый подход направлен на устранение двух ключевых проблем: статистической избыточности параметров сетевых сессий и неоправданных вычислительных затрат при их обработке. Общая схема включает предварительную очистку данных и два последовательных аналитических этапа (рис. 1).



Рис. 1. Схема двухэтапного подхода к формированию сокращённого признакового пространства

2.1 Предварительная обработка и нормализация данных

На подготовительном этапе из исходного набора исключаются параметры, прямо указывающие на сетевую топологию: идентификатор потока (Flow ID), сетевые адреса источника и приёмника (Src IP, Dst IP), порты (Src Port, Dst Port) и временные метки (Timestamp). Использование таких признаков искусственно завышает показатели классификации на обучающей выборке за счёт запоминания адресов конкретного стенда, но лишает модель устойчивости при переносе на другую сетевую конфигурацию.

Дополнительно удаляются признаки с нулевой дисперсией (поля с постоянными или нулевыми значениями на всём интервале наблюдения) и сессии с ошибочными записями. Оставшиеся числовые характеристики приводятся к единому масштабу с помощью Z-преобразования:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma},$$

где x – исходное значение признака, μ – математическое ожидание, σ – среднеквадратическое отклонение.

2.2 Первый этап: фильтрация мультиколлинеарных признаков

Многие агрегированные характеристики сетевого потока функционально связаны между собой. Наличие пар признаков с сильной линейной зависимостью (мультиколлинеарностью) дестабилизирует решающие правила классификатора и увеличивает затраты на вычисление избыточных параметров.

Для выявления таких связей строится корреляционная матрица на основе коэффициента Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i, y_i – значения исследуемой пары признаков для i-й сессии; $\bar{x}, \bar{y}$ – их выборочные средние.

Пороговое значение коэффициента корреляции для отсечения признаков выбрано равным $|r_{th}| = 0{,}85 \ldots 0{,}90$. Из каждой коррелированной пары исключается признак, требующий больших вычислительных затрат либо обладающий меньшей вариативностью. Примеры исключённых пар приведены в таблице 1.

В результате применения корреляционного фильтра размерность пространства сокращается с 65 до 38–40 взаимно слабокоррелированных признаков.

2.3 Второй этап: ранжирование признаков по критерию информативности

Оставшиеся после фильтрации признаки слабо коррелируют между собой, однако их вклад в разделение классов трафика (легитимный трафик и типы атак) существенно различается. Для нелинейной оценки значимости используется ансамбль решающих деревьев (Random Forest) [3].

Таблица 1

Примеры функционально зависимых пар признаков сетевого трафика

Оставляемый признак	Исключаемый дублирующий признак	Коэффициент корреляции r_{xy}	Физический смысл зависимости
Средний размер пакета (Average Packet Size)	Средняя длина пакета (Packet Length Mean)	0,95	Совпадение статистических моментов распределения длин пакетов
Длительность соединения (Flow Duration)	Суммарный интервал в прямом направлении (Fwd IAT Total)	0,94	Длительность сессии определяется преимущественно временем передачи пакетов в прямом направлении
Интенсивность пакетов потока (Flow Packets/s)	Интенсивность пакетов в прямом направлении (Fwd Packets/s)	0,90	При асимметричном обмене на трафик прямого направления приходится до 90% общего числа пакетов
Суммарный объём прямого потока (Total Length of Fwd Pkts)	Объём данных в прямом подпотоке (Subflow Fwd Bytes)	0,91	Понятие подпотока в агрегаторе дублирует суммарный объём сессии

Значимость каждого параметра определяется через суммарное взвешенное уменьшение критерия неоднородности Джини во всех узлах расщепления T построенных деревьев:

$$I(f) = \sum_{t \in T, v(t)=f} p(t) \cdot \Delta Gini(t),$$

где $v(t) = f$ означает, что в узле t расщепление проводится по признаку f; $p(t)$ – доля обучающих наблюдений, попавших в узел t; $\Delta Gini(t)$ – уменьшение неоднородности при разбиении.

Для выбора оптимальной границы отсечения параметров вводится критерий эффективности K_{eff}, отражающий баланс между качеством классификации и временем обработки:

$$K_{eff}(m) = \frac{F_1(m)}{t_{proc}(m)},$$

где $F_1(m)$ – F-мера классификации на подмножестве из m наиболее информативных признаков, $t_{proc}(m)$ – время формирования признаков и принятия решения.

Насыщение метрики F_1 наступает при включении первых 16–18 признаков: дальнейшее расширение набора не повышает точность, но приводит к линейному росту времени классификации. В результате формируется компактный рабочий набор признаков (минимальные размеры сегментов, среднеквадратические отклонения межпакетных интервалов, ключевые счётчики флагов), пригодный для работы классификатора в режиме реального времени.

Таблица 2

Сравнительная оценка эффективности способов формирования признакового пространства

Способ формирования признакового пространства	Число признаков	Точность (Precision)	Полнота (Recall)	F1-мера	Время обработки выборки, с	Снижение объема данных в ОЗУ, раз
Исходный набор (без отбора признаков)	65	0,94	0,94	0,94	12,90	1,0
Отбор по коэффициенту Пирсона относительно метки класса	33	0,97	0,96	0,97	7,21	1,5
Одномерный отбор по значимости Джини (без фильтрации корреляции)	25	0,97	0,97	0,97	6,85	1,9
Предлагаемый двухэтапный подход (фильтр Пирсона + отбор по Джини)	17	0,98	0,98	0,98	3,42	2,7

3 Экспериментальные исследования и анализ результатов

Для экспериментальной проверки предложенного двухэтапного подхода использовался массив данных реального сетевого трафика [7], включающий профиль легитимного взаимодействия (BENIGN) и сессии типовых компьютерных атак: распределённый отказ в обслуживании (DDoS, DoS), сканирование портов (PortScan) и подбор аутентификационных данных (Brute Force) [2].

Тестирование проводилось методом пятикратной перекрёстной проверки (5-fold cross-validation) на независимой контрольной выборке объёмом 30% от общего массива данных. В качестве базового классификатора использовался ансамбль решающих деревьев (Random Forest).

Сравнение эффективности предложенного подхода с альтернативными способами отбора признаков представлено в таблице 2.

Анализ полученных результатов показывает, что изолированный одномерный отбор по значимости Джини оставляет в модели скрытую мультиколлинеарность: схожие по физическому смыслу параметры конкурируют между собой, из-за чего для стабилизации точности требуется не менее 25 признаков.

Предложенный двухэтапный подход позволил:

сократить размерность входного вектора сессии с 65 до 17 параметров (почти в 4 раза);

ускорить классификацию в 3,77 раза (с 12,90 до 3,42 с), что важно при обработке потоковых данных в реальном времени;

снизить затраты оперативной памяти на хранение векторов признаков в 2,7 раза;

повысить F1-меру обнаружения атак с 0,94 до 0,98 за счёт устранения зашумляющих и избыточных параметров.

Зависимость точности классификации и времени обработки от числа используемых признаков представлена на рисунке 2.

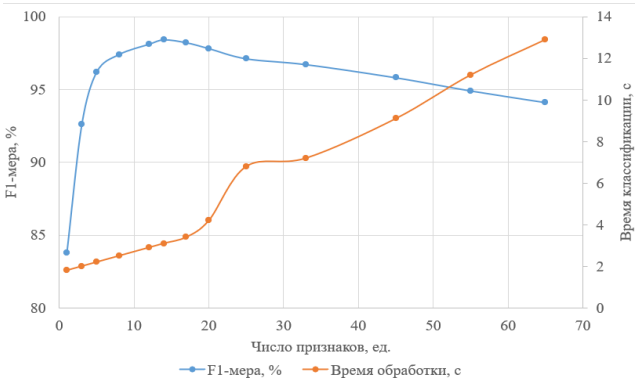


Рис. 2. Зависимость качества классификации и времени обработки от числа признаков

Как видно из графика, представленного на рис. 2, увеличение признакового пространства свыше 17–20 параметров практически не даёт прироста достоверности классификации, но приводит к линейному росту времени вычислений.

Заключение

В ходе исследования была решена задача оптимизации описания сетевых сессий для систем оперативного обнаружения компьютерных атак:

Показано, что использование полного набора из 65 признаков нецелесообразно из-за их избыточности, взаимной зависимости и наличия топологически зависимых параметров, что увеличивает время классификации и снижает обобщающую способность модели.

Разработан двухэтапный подход к отбору признаков, включающий исключение адресных данных, фильтрацию линейно зависимых параметров по коэффициенту Пирсона и ранжирование оставшихся признаков по критерию Джини.

Экспериментально подтверждено, что сокращённый набор из 17 признаков позволил ускорить классификацию в 3,77 раза, уменьшить расход оперативной памяти в 2,7 раза и повысить F1-меру с 0,94 до 0,98.

Полученные результаты относятся к одному набору данных и одному классификатору (Random Forest), поэтому в дальнейших исследованиях представляется целесообразным проверить устойчивость отобранных признаков на других наборах данных и типах атак, а также сопоставить предложенный подход с иными классификаторами и методами снижения размерности. Кроме того, перспективным направлением дальнейших исследований видится оценка предложенного подхода на потоковых данных в условиях дисбаланса классов и дрейфа характеристик трафика, что потребует разработки процедуры адаптивного пересмотра набора признаков и её реализации в программном прототипе системы обнаружения атак.

Литература

1. Гетьман А. И., Иконникова М. К. Обзор методов классификации сетевого трафика с использованием машинного обучения // Труды Института системного программирования РАН. 2020. Т. 32, вып. 6. С. 137–154. DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(6)-11.

2. Горюнов М. Н., Мацкевич А. Г., Рыболовлев Д. А. Синтез модели машинного обучения для обнаружения компьютерных атак на основе набора данных CICIDS2017 // Труды Института системного программирования РАН. 2020. Т. 32, вып. 5. С. 81–94. DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(5)-6.

3. Шелухин О. И., Ванюшина А. В., Габисова М. Е. Фильтрация нежелательных приложений интернет-трафика с использованием алгоритма классификации Random Forest // Вопросы кибербезопасности. 2018. № 2 (26). С. 44–51.

4. Talabis M., McPherson R., Miyamoto I., Martin J. Information Security Analytics. Elsevier, 2015. 166 p.

5. Domingos P. A Few Useful Things to Know about Machine Learning // Communications of the ACM. 2012. Vol. 55, № 10. Pp. 78–87.

6. Ring M., Wunderlich S., Scheuring D., Landes D., Hotho A. A survey of network-based intrusion detection data sets // Computers & Security. 2019. Vol. 86. Pp. 147–167. DOI: 10.1016/j.cose.2019.06.005.

7. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2018). 2018. Pp. 108–116. DOI: 10.5220/0006639801080116.

An approach to selecting informative network traffic features for operational computer attack detection

Kuzmichev V.A., Ilyina M.A.
A.F. Mozhaisky Military Space Academy

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article considers the problem of operational computer attack detection based on the analysis of statistical characteristics of network traffic. The problem of redundancy in feature descriptions of network sessions and the negative impact of parameter interdependencies on the speed and stability of classification algorithms are described. A two-stage approach to feature selection is proposed, combining the elimination of linearly dependent parameters based on the Pearson correlation coefficient and the subsequent ranking of the remaining characteristics by informativeness using an ensemble of decision trees. The results of an experimental evaluation of the proposed approach on labeled network traffic data are presented, confirming the possibility of reducing the number of analyzed features and speeding up classification by more than three times while maintaining attack detection precision and recall at a level of at least 98%.

Keywords: computer attack detection, network traffic, informative feature selection, decision trees, traffic classification.

References

1. Getman A.I., Ikonnikova M.K. A Survey of Network Traffic Classification Methods Using Machine Learning. Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS, 2020, vol. 32, issue 6, pp. 137–154. DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(6)-11. (in Russian)

2. Goryunov M.N., Matskevich A.G., Rybolovlev D.A. Synthesis of a Machine Learning Model for Detecting Computer Attacks Based on the CICIDS2017 Dataset. Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS, 2020, vol. 32, issue 5, pp. 81–94. DOI: 10.15514/ISPRAS-2020-32(5)-6. (in Russian)

3. Shelukhin O.I., Vanyushina A.V., Gabisova M.E. Filtering of Unwanted Internet Traffic Applications Using the Random Forest Classification Algorithm. Voprosy kiberbezopasnosti [Cybersecurity Issues], 2018, no. 2 (26), pp. 44–51. (in Russian)

4. Talabis M., McPherson R., Miyamoto I., Martin J. Information Security Analytics. Elsevier, 2015, 166 p.

5. Domingos P. A Few Useful Things to Know about Machine Learning. Communications of the ACM, 2012, vol. 55, no. 10, pp. 78–87.

6. Ring M., Wunderlich S., Scheuring D., Landes D., Hotho A. A Survey of Network-Based Intrusion Detection Data Sets. Computers & Security, 2019, vol. 86, pp. 147–167. DOI: 10.1016/j.cose.2019.06.005.

7. Sharafaldin I., Lashkari A.H., Ghorbani A.A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization. Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2018), 2018, pp. 108–116. DOI: 10.5220/0006639801080116.

Логический анализ алгоритма метода конечных элементов для геометрической нелинейности на основе метода маркировки переменных

Ло Чжэнь
аспирант кафедры строительных конструкций, зданий и сооружений, Дальневосточный федеральный университет, lo.ch@dvfu.ru

С помощью линейной дискретизации определяющих соотношений, разделения упругих и пластических деформаций, определения режимов нагружения и разгрузки, стратегии обновления матриц и обработки контакта при разрушении материала была усовершенствована логика алгоритма метода маркировки переменных. Это позволило универсальному конечно-элементному программному комплексу ZQFEM выполнять высокоточное моделирование сложных моделей, включая модели с нелинейностью материала. Построение логики алгоритма и анализ тестовых примеров показали следующее. Когда координаты узлов не зависят от деформаций и перемещений конструкции, для определения кривой определяющих соотношений материала необходимо использовать инженерные напряжения и инженерные деформации. При моделировании истории нагружения для линейно дискретизированных нелинейных определяющих соотношений материала итерационные методы, такие как метод Ньютона-Рафсона, сводят систему уравнений с переменными коэффициентами к обычной системе линейных уравнений. По сравнению с разрушением узлов разрушение элементов не рекомендуется применять при моделировании развития трещин, поскольку численные решения, например деформации, имеют скачкообразные разрывы. Результаты исследования показывают, что метод маркировки переменных надёжен в области нелинейности материала и может удовлетворить потребности моделирования определяющих соотношений сложных материалов.

Ключевые слова: Нелинейность материала, метод маркировки переменных, разупрочнение и разгрузка, пластический шарнир, распространение трещин, ZQFEM.

Введение

В конечно-элементном анализе решение систем алгебраических уравнений с переменными коэффициентами составляет основу при рассмотрении нелинейности материала, контактной и геометрической нелинейности. Для нелинейных материалов сложная зависимость между напряжением и деформацией, а также влияние истории нагружения и внешней среды значительно повышают вычислительную сложность. Современные исследования развиваются в двух основных направлениях. Первое связано с точным описанием определяющих соотношений и моделированием нагружения, разгрузки, разупрочнения, упрочнения и пластического разрушения. Второе направлено на совершенствование численных алгоритмов, например инкрементально-итерационных методов Ньютона-Рафсона и квазиньютоновских методов, в сочетании с пространством напряжений или деформаций, с использованием критериев перемещений, невязки, энергии и относительного приращения перемещений для контроля сходимости и точности.

Из-за свойства «единственного нуля» метод Ньютона-Рафсона вблизи точек экстремума склонен к зацикливанию, что затрудняет моделирование разупрочнения и разгрузки. При силовом нагружении в случае вырождения матрицы Якоби невозможно различить точки бифуркации и точки поворота; применение нагружения по перемещениям или метода длины дуги позволяет эффективно преодолеть точки экстремума. Этого также можно достичь с помощью управления ASP/GSP и комбинированной стратегии нагрузки и длины дуги [5]. Моделирование разрушения материала в основном включает четыре метода: точечное разрушение (например, пластический шарнир, трещины), разрушение элемента (метод «рождения и смерти» элементов, например раздавливание бетона), анизотропные континуальные элементы и редуцирование параметров. Среди них точечное разрушение и разрушение элемента подтверждены как наиболее надёжные, а последние два представляют собой лишь приближённые расчёты и имеют низкую универсальность.

Итак, опираясь на результаты исследований указанных выше учёных, автор с помощью самостоятельно разработанного универсального конечно-элементного программного комплекса ZQFEM[9] (Ziqiang FEM, «Цзыцян») провёл исследование логики алгоритмов для моделирования нелинейности материала, пластических шарниров и трещин. Результаты численных расчётов показали, что ZQFEM позволяет описывать кривые инженерных напряжений и деформаций, совместно учитывать участки разупрочнения и разгрузки, моделировать такие формы разрушения, как пластические шарниры и распространение трещин; результаты расчётов также надёжны. Результаты исследования имеют важное справочное значение для применения различных коммерческих программных комплексов и самостоятельной разработки конечно-элементных программ [15].

Краткое введение в метод маркировки переменных

В рамках объектно-ориентированной общей архитектуры ZQFEM метод маркировки переменных является алгоритмом передачи и обработки данных различных объектов (узловых объектов, объектов сечений, объектов элементов, объектов изменений, объектов результатов и т.д.[3]). Он главным образом служит для управления выполнением перехода «единая матрица → общая матрица → разрешающая матрица», то есть для преобразования формулы (1) в формулу (2). Первоначально метод маркировки переменных вводил граничные условия путём модификации «нумерации»[3], позднее распознавание связей сопряжения выполнялось за счёт добавления меток соотношений равенства и введения теоремы передачи нагрузки абсолютно твёрдого тела[2, 3], а затем распознавание контакта и соударения точек, линий, поверхностей и объёмов осуществлялось путём добавления меток линейных зависимостей и введения принципа виртуальных работ при неполном взаимно однозначном соответствии узлов или степеней свободы[2]. В рассматриваемых в данной работе расчётах нелинейности материала в ZQFEM метод маркировки переменных посредством маркировки упругопластического состояния, состояния текучести, состояния нагружения/разгрузки и состояния разрушения материала позволяет в течение всего процесса динамически оценивать и выполнять изменение физико-механических параметров материала, перенумерацию степеней свободы, обновление матриц и т.д., обеспечивая моделирование сложного нелинейного поведения материала под нагрузкой. На рисунке 1 представлена блок-схема логики этого алгоритма. На рисунке 1 метод маркировки переменных перед созданием матриц выполняет сортировку «всех степеней свободы[2, 3]» и «эффективных степеней свободы[2-3]», получая соответственно «порядковые номера» и «номера[2-3]» степеней свободы.

$$M^a \Delta^a + C^a \Delta^a + K^a \Delta^a = F^a \quad (1)$$

$$M^s \Delta^s + C^s \Delta^s + K^s \Delta^s = F^s \quad (2)$$

В формулах (1) и (2): M^a и M^s, C^a и C^s, K^a и K^s, F^a и F^s представляют собой матрицы масс, демпфирования, жёсткости, нагрузок, ускорений, скоростей и перемещений конструкции; верхний индекс «a» обозначает общую матрицу, включающую «все степени свободы» конструкции; верхний индекс «s» обозначает разрешающую матрицу, включающую все «эффективные степени свободы» конструкции [4].

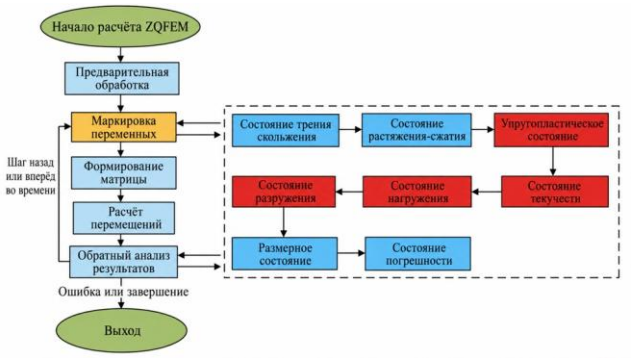


Рис. 1. Схема алгоритма работы ZQFEM при нелинейности материала.

Нелинейность материала

Линейная дискретизация интервалов зависимости напряжения от деформации. На основе исследований Гао Чанхуа и др. [12] известно, что конечно-элементные программные комплексы для моделирования произвольных сложных определяющих соотношений вводят кривую зависимости напряжения от деформации не в виде «функции», а задают её в форме «характерных дискретных точек» (например, в таких коммерческих программных комплексах, как Abaqus). Поэтому, опираясь на обобщение определяющих соотношений различных материалов, приведённое в литературе [1,5-11], ZQFEM, исходя из пространства деформаций и идеи математического анализа «замены кривой прямыми», разделяет материал на четыре участка, каждый из которых затем разбивается на несколько линейных подынтервалов. Для простоты предположим, что каждый участок содержит только один подынтервал; в качестве независимой и зависимой переменных соответственно используются полная деформация по Мизесу ε и полное напряжение по Мизесу σ (инженерное напряжение и инженерная деформация, также называемые номинальным напряжением и номинальной деформацией) (кривая определяющих соотношений также может быть задана с помощью теорий или параметров Треска, девиаторного тензора, Дункана-Чанга и других), в результате чего формируется график зависимости напряжения от деформации [3].

Разделение упругой и пластической деформаций и определение нагружения и разгрузки. В ZQFEM для различных типов элементов, таких как стержневые элементы (также называемые линейными элементами), пластинчатые и оболочечные элементы (также называемые поверхностными элементами), объёмные элементы (также называемые телесными элементами), задаётся единая форма матрицы определяющих соотношений D, описывающая зависимость напряжения от деформации. Когда требуется моделировать поведение при истории нагружения для линейно дискретизированного выражения кривой определяющих соотношений, применяемый метод Ньютона-Рафсона приводит систему уравнений с переменными коэффициентами к вырождению в обычную систему линейных уравнений, из-за чего метод Ньютона-Рафсона не имеет преимуществ в расчётах нелинейности материала. Поэтому в ZQFEM при решении по перемещениям, показанном на рисунке 1, с помощью маркировки времени выполняется метод приращения нагрузки в статике, используется функция numpy.linalg.solve языка Python для непосредственного вычисления приращений перемещений, а по знаку приращения полной деформации dε определяется состояние нагружения или разгрузки конструкции, и в итоге моделируется поведение при нагружении и разгрузке [14].

Разрушение материала.

В режиме «разрушение узла» ZQFEM выполняет независимый анализ всех узлов, которые могут разрушиться и задаются извне. Если «узел, который может разрушиться» связан по крайней мере с двумя элементами, программа создаёт новый объект узла (рис. 2), заменяет вектор локализации этого элемента и далее с помощью функции «связывание точечных областей» из контактной нелинейности, описанной в литературе [2], для степеней свободы, соответствующих различным направлениям двух узлов до и после замены, по отдельности устанавливает линейные зависимости.

(2) При «разрушении элемента» ZQFEM помечает состояние «жив» или «мёртв» для всех элементов, которые могут разрушиться (задаваемых извне), и находит все «свободные узлы» (не имеющие связей с другими элементами), относящиеся к этому элементу. Когда целевые значения элемента (напряжения и деформации по Мизесу, напряжения и деформации по Треска, внутренние силы и т.д.) превышают допустимые значения или пороговые значения, программа в маркировке переменных на рисунке 1 удаляет все степени свободы всех «свободных узлов», связанных с этим элементом, игнорирует вклад «матрицы элемента» этого элемента в «разрешающую матрицу» и изменяет количество и нумерацию эффективных степеней свободы конструкции на данный момент времени, в итоге реализуя динамическое изменение.

Моделирование кривой зависимости напряжения от деформации

Выполняется анализ 3D статической консольной балки, показанной на рис. 3. Номера узлов указаны на рисунке 3. Длина балки L = 1 м. Модель содержит всего 2 узла и 1 элемент Bm_ZY. В узле 1 ограничены все степени свободы. В узле 2 заданы три общих случая нагружения [3], в каждом из них прикладывается сосредоточенная сила F или сосредоточенное перемещение Δ в направлении X глобальной системы координат. Для моделирования поведения при нагружении и разгрузке в случае 1 постепенно прикладывается положительная нагрузка F = 0,08 Н и отрицательная нагрузка F = −0,12 Н; в случае 2 постепенно прикладывается положительное перемещение Δ = 0,32 м и отрицательное перемещение Δ = −0,32 м; в случае 3 постепенно прикладывается положительная нагрузка F = 0,025 Н и отрицательная нагрузка F = −0,025 Н.

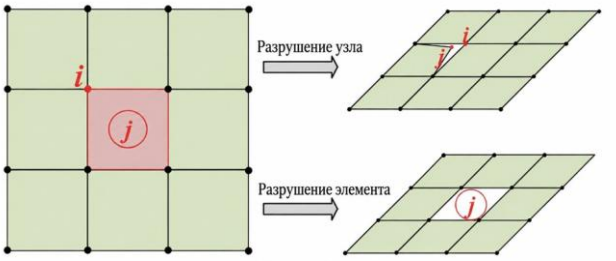


Рис. 2. Схема разрушения модели конечных элементов.

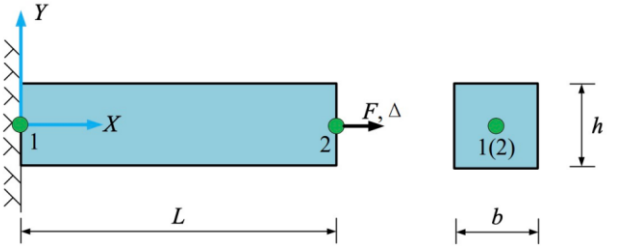


Рис. 3. Консольная балка

Из рисунка 4 видно, что при нагружении силой и перемещением полное напряжение и полная деформация являются линейными функциями времени. В случае 1 (случае 2), когда момент времени приближается к 0,02 с (0,02 с), 0,028 с (0,03 с), 0,046 с (0,06 с), 0,062 с (0,1 с), ZQFEM путём повторяющегося продвижения и возврата по времени постепенно приближает полную деформацию к концам соответствующего подынтервала, в результате при переходе через подынтервал относительная погрешность обоих значений оказывается меньше 0,1 %. Когда координаты узлов не зависят от перемещений и деформаций конструкции, независимо от величины деформации, кривая определяющих соотношений, заданная через инженерное напряжение и инженерную деформацию, является надёжной и позволяет выполнять конечно-элементный анализ моделей нелинейности материала с высокой точностью.

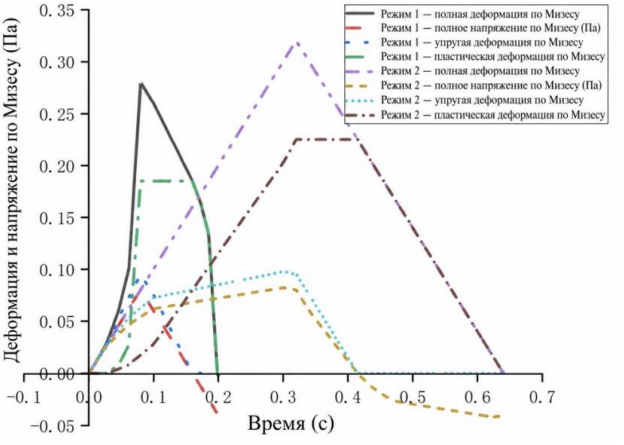


Рис. 4. График изменения напряжения и деформации во времени

Моделирование распространения трещин.

Для анализа распространения трещин используется 2D статическая балочная конструкция, показанная на рисунке 5. Номера и координаты узлов, а также номера элементов указаны на рисунке 5. Длина балки L = 2 м, высота h = 1 м. Изначально модель содержит 28 узлов и 18 элементов Sh_Q4KI. В узлах с 1 по 4 и с 25 по 28 ограничены все степени свободы. В общем узле 16 элементов 9 и 12 прикладывается сосредоточенная сила F в направлении Y глобальной системы координат. Для моделирования распространения трещины допустим, что в общем узле 13 элементов 7 и 10 имеется «разрушение узла», при этом пороговое значение разрушения узла для всех степеней сво-

боды задаётся равным 0,03. Для обоих элементов имеется «разрушение элемента», пороговое значение разрушения элемента задаётся равным 0,3. Пороговые значения разрушения для степеней свободы остальных узлов и разрушения остальных элементов задаются равными бесконечности.

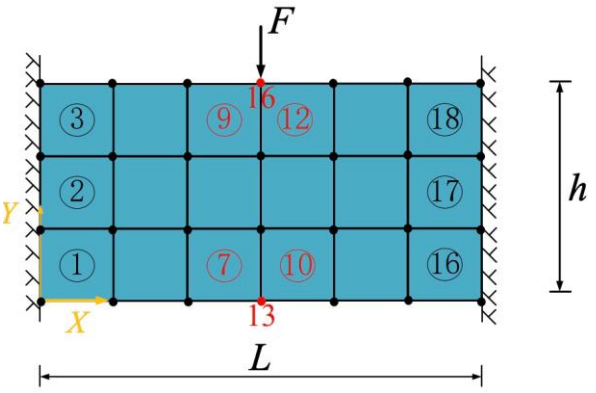


Рис. 5. Балка с защемлёнными концами

При анализе конструкции, показанной на рисунке 5, в ZQFEM добавляется новый узел 29 (раздел 2.3), а узел 13 элемента 7 заменяется на узел 29. Далее между узлами 13 и 29 устанавливается «связывание точечных областей». Из графика изменения во времени на рис. 16 видно, что до момента времени 0,205 с в конструкции отсутствуют разрушение узлов и разрушение элементов, поэтому, как показано на рис. 13, трещина не образуется. В момент времени 0,205 с полная деформация узлов 13 и 29 впервые превышает пороговое значение 0,03, что приводит к потере работоспособности связывания точечных областей между узлами 13 и 29. Элементы 7 и 10 теряют связь в узлах 13 и 29, возникает трещина, и по мере постепенного накопления нагрузки угол раскрытия трещины увеличивается. В момент времени 1,576 с, поскольку полная деформация элементов 7 и 10 превышает пороговое значение 0,3, оба элемента исключаются, в результате чего элементы 9 и 12 перестают участвовать в силовом анализе конструкции.

По сравнению с конечно-элементной моделью без разрушения относительная погрешность перемещения узла 16 в направлении Y изменяется по траектории 0 % (0 с ~ 0,205 с) → 4,426 % (1,576 с) → 5,343 % (2,000 с); относительная погрешность полной деформации узла 13 изменяется по траектории 0 % (0 с ~ 0,205 с) → −166,667 % (1,576 с) → −265,650 % (2,000 с); относительная погрешность полной деформации узла 14 изменяется по траектории 0 % (0 с ~ 0,205 с) → −31,121 % (1,576 с) → 5,642 % (2,000 с), причём в момент 1,576 с из-за исключения элементов 7 и 10 в сглаженной деформации возникает скачкообразный разрыв; относительная погрешность полной деформации узла 16 изменяется по траектории 0 % (0 с ~ 0,205 с) → 0,189 % (1,576 с) → −0,154 % (2,000 с).

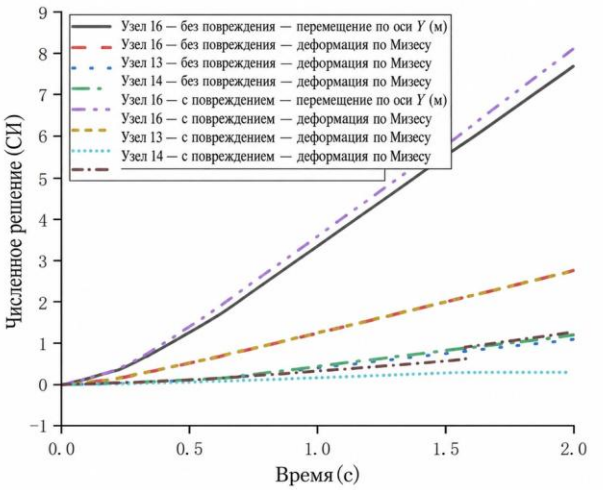


Рис. 6. График изменения численного решения во времени

Таким образом, результаты расчёта, представленные на рис. 6, показывают: трещина в конструкции приводит к увеличению перемещений конструкции, а поскольку перемещения и деформации высвобождаются, численное решение полной деформации в зоне трещины заметно снижается; однако в точках, удалённых от трещины, влияние трещины на численное решение полной деформации постепенно ослабевает. Хотя и разрушение узлов, и разрушение элементов позволяют моделировать распространение трещины, разрушение элементов приводит к скачкообразному разрыву полной деформации и обладает более низкой непрерывностью, поэтому разрушение узлов показывает лучшие результаты. Определённый в разделе 2.3 метод маркировки переменных обеспечивает выполнение конечно-элементного анализа моделей распространения трещин с высокой точностью.

Заключение

На основе самостоятельно разработанного универсального конечно-элементного программного комплекса ZQFEM автор за счёт линейной дискретизации кривой зависимости напряжения от деформации, методов расчёта упругих и пластических деформаций, а также совершенствования логики алгоритмов нагружения, разгрузки и разрушения материала восполнил пробел в расчётах ZQFEM в области нелинейности материала и получил следующие выводы.

(1) Вследствие линейной дискретизации определяющих соотношений конечно-элементной модели при моделировании истории нагружения дискретные уравнения вырождаются в обычную систему линейных уравнений, из-за чего такие нелинейные алгоритмы, как метод Ньютона-Рафсона, не имеют преимуществ в расчётах.

(2) Когда координаты узлов не зависят от перемещений и деформаций конструкции либо когда отключены такие функции, как большие деформации и геометрическая нелинейность, независимо от величины деформации для задания и ввода определяющих соотношений материала следует использовать инженерное напряжение и инженерную деформацию.

(3) После появления в конструкции пластических шарниров силовая система конструкции изменяется, что значительно повышает пластичность и сейсмостойкость таких конструкций, как мостовые опоры. Кроме того, расчётная модель на основе балочного элемента Эйлера-Бернулли приводит к наличию предельного значения изгибающего момента в пластическом шарнире.

(4) Трещины в конструкции приводят к увеличению перемещений конструкции, а поскольку перемещения и деформации высвобождаются, численное решение полной деформации в зоне трещины заметно снижается. Однако в точках, удалённых от трещины, влияние трещины на численное решение полной деформации постепенно ослабевает. Поскольку разрушение элементов вызывает скачкообразный разрыв напряжений и деформаций, для моделирования распространения трещин рекомендуется применять разрушение узлов.

Хотя в ZQFEM реализована функция анализа нелинейности материала, благодаря чему логика алгоритма нелинейности материала на основе маркировки переменных обладает возможностями конечно-элементного анализа высокоточных моделей нелинейности материала, а также моделей разрушения узлов и элементов, таких как пластические шарниры и трещины, этот алгоритм всё ещё нуждается в постоянном совершенствовании на практике. Поэтому внедрение различных сложных поверхностей текучести и определяющих соотношений при нагружении и разгрузке, совершенствование логики алгоритма геометрической нелинейности, а также всесторонняя проверка и доработка функций на основе экспериментальных данных являются основной задачей дальнейшей работы автора.

Литература

1. Абель Дж. Ф., Шепард М. С. Алгоритм для многоточечных ограничений в конечно-элементном анализе // Международный журнал численных методов в инженерии. 1979. Т. 14, № 3. С. 464–467. DOI: 10.1002/nme.1620140312.
2. Бате К.-Дж. Процедуры метода конечных элементов. 2-е изд. Уотертаун, Массачусетс: K. J. Bathe, 2014. 1043 с. ISBN 978-0-9790049-5-7.
3. Белычко Т., Лю В. К., Моран Б., Эльходари К. Нелинейные конечные элементы для сплошных сред и конструкций. 2-е изд. Чичестер: John Wiley & Sons, 2014. 832 с. ISBN 978-1-118-63270-3.
4. Бонет Дж., Вуд Р. Д. Нелинейная механика сплошной среды для конечно-элементного анализа. 2-е изд. Кембридж: Cambridge University Press, 2008. 318 с. ISBN 978-0-521-83870-2.
5. Бунгард Дж., Ваккерфус Й. Схема исключения «ведущий-ведомый» для произвольных гладких нелинейных многоточечных ограничений // Вычислительная механика. 2024. Т. 74. С. 955–992. DOI: 10.1007/s00466-024-02463-7.
6. Вуд Р. Д., Зенкевич О. К. Геометрически нелинейный конечно-элементный анализ балок, рам, арок и осесимметричных оболочек // Компьютеры и конструкции. 1977. Т. 7, № 6. С. 725–735. DOI: 10.1016/0045-7949(77)90027-X.
7. Де Борст Р., Крисфилд М. А., Реммерс Дж. Дж. К., Верхусел К. В. Нелинейный конечно-элементный анализ твёрдых тел и конструкций. 2-е изд. Чичестер: John Wiley & Sons, 2012. 516 с. DOI: 10.1002/9781118375938.
8. Крисфилд М. А. Быстрая инкрементально-итерационная процедура решения, обрабатывающая прощёлкивание // Компьютеры и конструкции. 1981. Т. 13, № 1–3. С. 55–62. DOI: 10.1016/0045-7949(81)90108-5.
9. Курискис Дж. И., Валлиаппан С. Алгоритм решения линейных уравнений ограничений в конечно-элементном анализе // Компьютеры и конструкции. 1978. Т. 8, № 1. С. 117–124. DOI: 10.1016/0045-7949(78)90167-0.
10. Нараянасвами О. С. Обработка нелинейных многоточечных ограничений в методе конечных элементов // Международный журнал численных методов в инженерии. 1985. Т. 21, № 7. С. 1283–1288. DOI: 10.1002/nme.1620210708.
11. Риггерс П. Нелинейные методы конечных элементов. Берлин; Гейдельберг: Springer, 2008. 559 с. DOI: 10.1007/978-3-540-71001-1.
12. Рикс Э. Инкрементальный подход к решению задач хлопка и потери устойчивости // Международный журнал по механике твёрдого тела и конструкций. 1979. Т. 15, № 7. С. 529–551. DOI: 10.1016/0020-7683(79)90081-7.

13. Симо Дж. К., Ву-Куок Л. Трёхмерная модель стержня с конечными деформациями. Часть II: Вычислительные аспекты // Компьютерные методы в прикладной механике и инженерии. 1986. Т. 58, № 1. С. 79–116. DOI: 10.1016/0045-7825(86)90079-4.
14. Чжан Яо, Цзяо Чиюй, Дун Цзюнь, Ли Гохуа, Ван Сюфан. Совершенствование и реализация функции «ведущий-ведомый» в методе конечных элементов на основе маркировки переменных // Инженерная механика. 2025. Ранний доступ. DOI: 10.6052/j.issn.1000-4750.2025.02.0063.
15. Эйнсворт М. Существенные граничные условия и многоточечные ограничения в конечно-элементном анализе // Компьютерные методы в прикладной механике и инженерии. 2001. Т. 190, № 48. С. 6323–6339. DOI: 10.1016/S0045-7825(01)00236-5.

Logical Analysis of the Finite Element Method Algorithm for Geometric Nonlinearity Based on the Variable Marking Method

Luo Zhen
Far Eastern Federal University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Through linear discretization of constitutive relations, separation of elastic and plastic strains, definition of loading and unloading regimes, matrix update strategy, and contact treatment in material failure, the algorithmic logic of the variable marking method was improved. This allowed the general-purpose finite element software package ZQFEM to perform high-precision simulation of complex models, including models with material nonlinearity. The construction of the algorithmic logic and the analysis of test examples showed the following. When nodal coordinates are independent of structural deformation and displacement, engineering stress and engineering strain must be used to define the material constitutive relation curve. In modeling the loading history of linearly discretized nonlinear material constitutive relations, iterative methods such as Newton-Raphson reduce the variable-coefficient system of equations to an ordinary linear equation system. Compared with nodal failure, element failure is not recommended in modeling crack propagation, because numerical solutions such as strain have jump discontinuities. The research results show that the variable marking method is reliable in the field of material nonlinearity and can meet the simulation needs of constitutive relations for complex materials.

Keywords: material nonlinearity, variable marking method, softening and unloading, plastic hinge, crack propagation, ZQFEM.

References

1. Zhang Yao, Jiao Chiyu, Dong Jun, Li Guohua, Wang Xiufang. Improvement and implementation of master-slave function in finite element method based on variable marking // Engineering Mechanics. 2025. Early Access. DOI: 10.6052/j.issn.1000-4750.2025.02.0063.
2. Boungard J., Wackerfuß J. Master–slave elimination scheme for arbitrary smooth nonlinear multi-point constraints // Computational Mechanics. 2024. Vol. 74. P. 955–992. DOI: 10.1007/s00466-024-02463-7.
3. Abel J. F., Shephard M. S. An algorithm for multipoint constraints in finite element analysis // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 1979. Vol. 14, № 3. P. 464–467. DOI: 10.1002/nme.1620140312.
4. Curiskis J. I., Valliappan S. A solution algorithm for linear constraint equations in finite element analysis // Computers & Structures. 1978. Vol. 8, № 1. P. 117–124. DOI: 10.1016/0045-7949(78)90167-0.
5. Narayanaswamy O. S. Processing nonlinear multipoint constraints in the finite element method // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 1985. Vol. 21, № 7. P. 1283–1288. DOI: 10.1002/nme.1620210708.
6. Ainsworth M. Essential boundary conditions and multi-point constraints in finite element analysis // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2001. Vol. 190, № 48. P. 6323–6339. DOI: 10.1016/S0045-7825(01)00236-5.
7. Wood R. D., Zienkiewicz O. C. Geometrically nonlinear finite element analysis of beams, frames, arches and axisymmetric shells // Computers & Structures. 1977. Vol. 7, № 6. P. 725–735. DOI: 10.1016/0045-7949(77)90027-X.
8. Riks E. An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems // International Journal of Solids and Structures. 1979. Vol. 15, № 7. P. 529–551. DOI: 10.1016/0020-7683(79)90081-7.
9. Crisfield M. A. A fast incremental/iterative solution procedure that handles snap-through // Computers & Structures. 1981. Vol. 13, № 1–3. P. 55–62. DOI: 10.1016/0045-7949(81)90108-5.
10. Simo J. C., Vu-Quoc L. A three-dimensional finite-strain rod model. Part II: Computational aspects // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1986. Vol. 58, № 1. P. 79–116. DOI: 10.1016/0045-7825(86)90079-4.
11. Wriggers P. Nonlinear Finite Element Methods. Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. 559 p. DOI: 10.1007/978-3-540-71001-1.
12. Bonet J., Wood R. D. Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 318 p. ISBN 978-0-521-83870-2.
13. De Borst R., Crisfield M. A., Remmers J. J. C., Verhoosel C. V. Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012. 516 p. DOI: 10.1002/9781118375938.
14. Belytschko T., Liu W. K., Moran B., Elkhodary K. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2014. 832 p. ISBN 978-1-118-63270-3.
15. Bathe K.-J. Finite Element Procedures. 2nd ed. Watertown, MA: K. J. Bathe, 2014. 1043 p. ISBN 978-0-9790049-5-7.

Некоторые аспекты создания инструментария биллинга на инфраструктурных предприятиях на базе 1с:Предприятие

Лупанов Никита Владимирович
аспирант, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, lupanov.nik2020@mail.ru

Статья посвящена созданию тиражируемого инструментария биллинга для инфраструктурных предприятий. Под биллингом понимается автоматизированный расчёт стоимости оказанных услуг, в качестве примера рассматриваются операторы морских терминалов. Когда одна и та же биллинговая система на платформе «1С:Предприятие» внедряется у нескольких заказчиков, клиентские доработки постепенно смешиваются с общей логикой расчёта. В итоге у каждого заказчика появляется своя копия решения, и затраты на сопровождение растут вместе с числом внедрений. Цель исследования состоит в разработке модели модульного построения и сопровождения биллинговой системы, позволяющей тиражировать решение без клиентских копий ядра. Предложена продуктовая модель из четырёх классов компонентов: ядро, функциональные пакеты, адаптеры конфигурации-носителя и проектные расширения. Формализованы правило отнесения функциональности к этим классам и ограничения на граф зависимостей. Описан инструментарий хранения, версионирования и поставки на основе 1С:EDT и Git, включая модель совместимости состава поставки. Экономическая модель затрат на распространение изменений позволяет найти число внедрений, начиная с которого модульное сопровождение выгоднее копирования. Модель апробирована на 98 объектах метаданных действующей конфигурации.

Ключевые слова: биллинг, тарификация услуг, инфраструктурное предприятие, оператор морского терминала, инструментальные методы экономики, модульная архитектура, 1С:Предприятие, 1С:EDT, управление версиями, экономическая эффективность информационных систем.

Введение

Под инфраструктурным предприятием в работе понимается организация, которая оказывает большому числу потребителей услуги по использованию капиталоёмкой инфраструктуры (транспортной, энергетической, коммунальной или телекоммуникационной) и получает за них плату по установленным тарифам. Круг таких организаций во многом совпадает со сферами деятельности субъектов естественных монополий из ст. 4 Федерального закона «О естественных монополиях»: услуги в транспортных терминалах, портах и аэропортах, железнодорожные перевозки, передача электрической и тепловой энергии, связь, водоснабжение [1]. Сюда же относятся операторы морских терминалов, которые занимаются перевалкой и хранением грузов [2].

От торговых и производственных организаций такие предприятия отличаются прежде всего структурой выручки. Она складывается из начислений за множество однотипных операций, и каждая операция оценивается по своему тарифу с учётом договора, вида груза, срока и объёма услуги. Факт операции фиксируется в операционной системе (у морского терминала это система управления терминалом), финансовый результат отражается в учётной системе, а связывает их биллинг, то есть автоматизированный расчёт стоимости оказанных услуг. В электросвязи, например, требования к таким системам закреплены нормативно [3]. Ошибка или задержка расчёта сразу сказывается на выручке и дебиторской задолженности, поэтому биллинг следует рассматривать как часть экономической информационной системы предприятия и инструмент управления [9; 10].

В исследованиях цифровой трансформации морских портов основное внимание уделяется операционным процессам: автоматизации и роботизации терминалов, интеллектуальной инфраструктуре, имитационному моделированию контейнерных терминалов [8; 13]. Системам расчёта за услуги, которые можно тиражировать между разными операторами, посвящено заметно меньше работ.

На российском рынке биллинг для терминальных операторов часто строится на платформе «1С:Предприятие» как расширение типовой учётной конфигурации, например «1С:Управление торговлей» (далее конфигурация-носитель). При внедрении у нескольких заказчиков доработки под клиента нередко вносятся прямо в общий код, и со временем у каждого заказчика появляется своя копия системы. Любое исправление приходится вручную переносить в каждую копию, причём перенос часто занимает больше времени, чем само исправление: сначала нужно понять, что в этой копии уже изменено под клиента. Копии расходятся, и стоимость сопровождения растёт вместе с числом внедрений. В программной инженерии это называют накоплением технического долга [16], в экономике речь идёт о росте совокупной стоимости владения решением.

Работа обобщает практический опыт проектирования архитектуры тиражируемой системы биллинга для операторов морских терминалов на платформе «1С:Предприятие» и подготовки её перехода на среду разработки 1С:EDT и систему контроля версий Git. Предлагаемая модель сложилась в ходе этой работы. Статья продолжает цикл исследований автора, посвящённых инструментарию цифровой трансформации и поддержке принятия решений в инфраструктурных предприятиях [5; 6].

Цель исследования состоит в разработке модели модульного построения и сопровождения биллинговой системы инфраструктурного предприятия, которая позволяет тиражировать решение без клиентских копий его ядра. Для этого нужно определить состав компонентов решения, формализовать правила отнесения функциональности к ним и допустимые зависимости, описать инструментарий хранения, версионирования и поставки, оценить экономический эффект и проверить модель на действующей конфигурации.

Научная новизна работы заключается в формализации продуктовой модели биллинговой системы через отображение классификации и ограничения на граф зависимостей её объектов, а также в пороговом условии экономической эффективности модульного сопровождения в зависимости от числа внедрений.

Продуктовая модель тиражируемого биллингового решения

Биллинг терминального оператора хранит тарифы и договорные условия (типы и варианты цен, квоты, публичные оферты, правила округления), рассчитывает стоимость оказанных услуг по операционным событиям, фиксирует начисления и передаёт их в учётный контур для оформления реализации. Эти функции неоднородны. Одни нужны любому терминалу, другие только терминалам определённой специализации, третьи появляются из-за устройства конкретной учётной конфигурации, и лишь небольшая часть отражает уникальные условия отдельного клиента. Отсюда четыре класса компонентов продуктовой модели (рис. 1):

ядро: обязательные сценарии, без которых продукт нельзя считать законченным (тарификация, договорные правила, калькуляция, генеральный груз, регистр начислений, журнал событий);

функциональные пакеты: сценарии, нужные группе заказчиков (контейнеры, железнодорожные операции, RO-RO, наливные и навалочные грузы, предварительный расчёт);

адаптеры конфигурации-носителя: перевод контрактов ядра в объекты конкретной учётной конфигурации (договоры, контрагенты, номенклатура, реализация);

проектные расширения: доработки конкретного клиента, которые другим заказчикам не нужны.

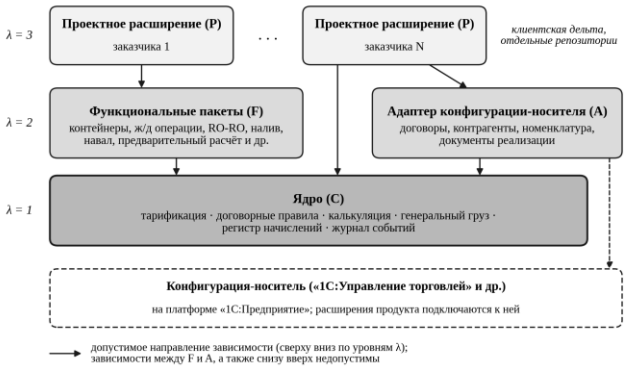


Рис. 1. Продуктовая модель тиражируемой системы биллинга Источник: составлено автором.

В модели важны два положения. Ядро у продукта одно, и варианты ядра под отдельную учётную конфигурацию или отдельного клиента не допускаются. Всё, что связано с конфигурацией-носителем, собирается в адаптере, даже если функцией пользуются все заказчики на этой конфигурации. Например, автоматическое создание заказа клиента по результатам калькуляции нужно из-за устройства «1С:Управление торговлей», поэтому относится к адаптеру. Тогда к тому же ядру можно подключить другую учётную конфигурацию без копирования. Такое разделение соответствует подходу линеек программных продуктов [14; 18] и принципу, согласно которому устойчивые компоненты не должны зависеть от изменчивых [7; 17].

Формализация правил классификации и зависимостей

Обозначим через $O = \{o_1, \dots, o_n\}$ множество объектов метаданных решения (справочников, документов, регистров, обработок), а через $K = \{C, F, A, P\}$ множество классов компонентов: ядро (C), функциональный пакет (F), адаптер носителя (A) и проектное расширение (P). Архитектурная классификация задаётся отображением

$$\kappa: O \to K. \qquad (1)$$

Для каждого объекта и для каждого нового требования до начала работ по нему проверяются три признака. Признак $a(o)$ истинен, если логика обусловлена устройством конкретной конфигурации-носителя, $c(o)$ означает, что сценарий входит в обязательную часть продукта, $f(o)$ показывает, что сценарий нужен группе заказчиков. Правило классификации выглядит так:

$$\kappa(o) = \begin{cases} A, & a(o); \\ C, & \neg a(o) \wedge c(o); \\ F, & \neg a(o) \wedge \neg c(o) \wedge f(o); \\ P & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \qquad (2)$$

Признак $a(o)$ проверяется первым, иначе в ядро постепенно попадает код, специфичный для одной учётной конфигурации.

Связи между объектами описываются ориентированным графом зависимостей $G = (O, E)$, где $(u, v) \in E$, если объект u использует объект v. Каждому классу присвоим уровень $\lambda: K \to \mathbb{N}$: $\lambda(C) = 1$, $\lambda(F) = \lambda(A) = 2$, $\lambda(P) = 3$, и обозначим $\ell(o) = \lambda\big(\kappa(o)\big)$. Зависимость допустима, если объекты относятся к одному классу либо зависимый объект находится на более высоком уровне. Множество недопустимых зависимостей:

$$V = \{(u, v) \in E: \kappa(u) \neq \kappa(v),\ \ell(u) \leq \ell(v)\}. \qquad (3)$$

Архитектура корректна, если $V = \varnothing$. Из условия (3) следует, что ядро не зависит от пакетов, адаптеров и клиентского кода, а пакеты и адаптеры не зависят друг от друга, то есть функциональный пакет ничего не «знает» о конкретной учётной конфигурации. Изменение, добавляющее элемент в V, возвращается на перепроектирование.

Отдельный вопрос связан с физической формой пакета: оставить его в основном расширении продукта или выделить в самостоятельное расширение. Для пакета $F_j \subseteq O$ обозначим через E_j его зависимости от объектов ядра, а через $E_j^{int} \subseteq E_j$ зависимости от объектов вне публичного интерфейса ядра. Связанность пакета с ядром оценивается коэффициентом

$$k_j = \frac{\left|E_j^{int}\right|}{|E_j|}. \qquad (4)$$

Пакет стоит выделять, если k_j ниже установленного порога, он может отсутствовать у части заказчиков и тестируется независимо. Иначе он поставляется вместе с ядром. Так решение о физической модульности опирается на измеримые признаки, а не на название функции.

Инструментарий хранения, версионирования и поставки

В среде разработки 1С:EDT каждое расширение конфигурации оформляется отдельным проектом, связанным с базовым проектом конфигурации-носителя [4; 12]. Ядро и тесно связанные пакеты размещаются в основном расширении продукта, остальные компоненты выносятся отдельно только при выполнении описанных выше условий. Окончательное число расширений определяется после импорта действующей конфигурации в 1С:EDT и построения фактического графа зависимостей.

Исходный код продукта хранится в едином репозитории Git (ядро, пакеты, адаптеры, манифесты, тесты, документация), проектные расширения заказчиков размещаются в отдельных репозиториях. Клиентский репозиторий не содержит копии ядра и ссылается на выпущенную версию продукта, а внешний разработчик по умолчанию получает доступ только к клиентской дельте.

Ветвление построено на упрощённой схеме Git Flow [15] (рис. 2). Ветки описывают изменение решения во времени, а не его варианты, поэтому долгоживущих веток под учётную конфигурацию или функциональный пакет нет: по сути они воссоздали бы те же клиентские копии.

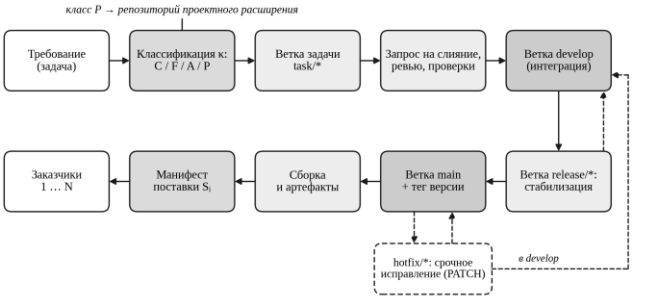


Рис. 2. Жизненный цикл изменения и формирование поставки Источник: составлено автором.

Версии назначаются по правилам семантического версионирования MAJOR.MINOR.PATCH [19]. Состав поставки заказчика i фиксируется в манифесте, который описывается кортежем

$$S_i = \langle v, a_i, F_i, p_i \rangle, \qquad (5)$$

где v обозначает версию продукта, a_i адаптер носителя с его версией, F_i множество автономных пакетов с версиями, p_i версию проектного расширения. Каждый компонент x указывает допустимые версии продукта: от v_x^{min} включительно до v_x^{max} исключительно. Поставка совместима, если

$$\forall x \in F_i \cup \{a_i, p_i\}: v_x^{min} \leq v < v_x^{max}, \qquad (6)$$

и регрессионная проверка этого состава прошла успешно. Верхней границей обычно служит следующая мажорная версия продукта, так как несовместимые изменения допускаются только в ней.

Выпуск версии проходит через автоматизированный конвейер: статический анализ, сборка расширений, развёртывание чистой тестовой базы, регрессионные тесты и публикация артефактов с привязкой к коммиту. Задача прослеживается от классификации до конкретной поставки, поэтому для любого заказчика можно восстановить точный состав установленного решения. Для каждого объекта метаданных дополнительно формируется машиночитаемая карточка, привязанная к версии исходного кода.

Экономическая оценка модульной модели сопровождения

Главный экономический эффект модульной модели связан с затратами на распространение изменений общей логики между внедрениями [9; 11]. Пусть за период планирования (например, месяц) выполняется m изменений общей логики, решение работает у N заказчиков, а час работы разработчика стоит c.

При модели клиентских копий каждое изменение один раз разрабатывается с трудоёмкостью t_d, а затем переносится в остальные $N - 1$ копий, и на перенос и проверку каждой уходит t_p. Затраты периода составят

$$Z_1 = c\, m\big(t_d + (N-1)\, t_p\big). \qquad (7)$$

В модульной модели изменение выполняется один раз, а заказчики получают его в составе очередного выпуска. Если за период выходит r выпусков, а обновление одного заказчика требует t_u, то

$$Z_2 = c\,(m\, t_d + r N t_u) + Z_I, \qquad (8)$$

где Z_I обозначает затраты периода на поддержку инструментария (конвейер сборки, репозитории, тестовые контуры). Экономия за период равна

$$\Delta Z = c\,\big(m(N-1)\, t_p - r N t_u\big) - Z_I. \qquad (9)$$

Модульная модель выгоднее, когда $\Delta Z > 0$. При $m t_p > r t_u$ отсюда получается пороговое число внедрений:

$$N^* = \frac{c\, m\, t_p + Z_I}{c\,(m\, t_p - r\, t_u)}. \qquad (10)$$

Условие $m t_p > r t_u$ означает, что изменения накапливаются в выпусках, и обновить заказчика дешевле, чем переносить к нему каждое изменение по отдельности. Единовременные затраты перехода K_0 (перенос решения в 1С:EDT, разделение на компоненты, настройка конвейера) окупаются за

$$T = K_0 / \Delta Z \qquad (11)$$

периодов. На практике t_p со временем растёт, потому что копии расходятся всё сильнее, так что реальная экономия только увеличивается. Кроме того, дешевле становится подключение нового заказчика и снижается риск ошибок расчёта, которые напрямую влияют на выручку.

Для иллюстрации возьмём условные значения параметров: $m = 20$ изменений в месяц, $t_p = 4$ ч, $t_u = 16$ ч, $r = 1$ выпуск в месяц, $N = 4$ заказчика, поддержка инструментария занимает 40 ч в месяц. Получаем $N^* = (80 + 40)/(80 - 16) \approx 1{,}9$. Значит, модульная модель выгодна уже со второго внедрения, а при четырёх внедрениях экономит $240 - 64 - 40 = 136$ ч в месяц, что составляет около 0,8 месячной нормы рабочего времени одного разработчика.

Апробация модели

Модель применялась при подготовке перехода действующей системы биллинга операторов морских терминалов на 1С:EDT и Git: по правилу (2) классифицированы все 98 объектов метаданных решения (табл. 1). Кандидаты в ядро относятся к пакетам «Контейнеры» и «Предварительный расчёт», перевод которых в ядро возможен отдельным продуктовым решением.

Таблица 1
Распределение объектов метаданных по классам компонентов

Вид объектов	Всего	Ядро	Пакеты	Кандидаты в ядро	Адаптер
Справочники	28	12	5	4	7
Планы видов характеристик	1	1	0	0	0
Документы	40	11	17	10	2
Регистры сведений	12	10	1	1	0
Регистры накопления	7	4	0	3	0
Перечисления	6	4	0	0	2
Отчёты и обработки	4	4	0	0	0
Итого	**98**	**46**	**23**	**18**	**11**
Доля, %	100	46,9	23,5	18,4	11,2

Источник: составлено автором по данным инвентаризации объектов конфигурации.

Почти половина объектов (46,9 %) относится к ядру, значит, ядро можно выпускать как законченный продукт. Пакеты вместе с кандидатами в ядро составляют 41,8 %, и решение о переводе кандидата в ядро разумно принимать по доле внедрений, в которых сценарий стал обязательным. Зависимость от учётной конфигурации сосредоточена в 11,2 % объектов: это справочники носителя (контрагенты, организации, валюты, ставки НДС, единицы измерения) и договорные документы. При такой доле подключение ядра к другим учётным конфигурациям через новые адаптеры выглядит вполне реальным. Объектов класса P в инвентаре продукта нет, клиентская специфика выносится в проектные расширения.

Хороший пример дают восемь регистров с историческим префиксом Bulk («навал»). По названию они относятся к навалочным грузам, а фактически служат общими механизмами периодического расчёта, учёта операций и контроля квот, поэтому отнесены к ядру. Классифицировать объект нужно по его бизнес-роли, а не по имени. Физические границы расширений предстоит окончательно проверить по графу зависимостей в 1С:EDT с помощью условий (3) и (4).

На основе модели подготовлен архитектурный стандарт решения: структура продуктового и клиентских репозиториев, модель ветвления, правила версионирования, формат манифеста поставки и порядок классификации новых требований до начала их реализации.

Заключение

Выручка инфраструктурного предприятия складывается из начислений за множество тарифицируемых операций, поэтому качество биллинга прямо влияет на экономические результаты. Главный риск при тиражировании биллинга на платформе «1С:Предприятие» связан с клиентскими копиями решения, из-за которых затраты на сопровождение растут вместе с числом внедрений.

В статье предложена продуктовая модель из ядра, функциональных пакетов, адаптеров конфигурации-носителя и проектных расширений, формализованы правило классификации функциональности и ограничения на граф зависимостей, описан инструментарий хранения, версионирования и поставки на основе 1С:EDT и Git. Экономическая модель показывает, с какого числа внедрений модульное сопровождение выгоднее копирования и за какой срок окупается переход. Апробация на 98 объектах действующей конфигурации подтвердила реализуемость модели: около половины объектов относится к ядру, а зависимость от учётной конфигурации затрагивает примерно 11 % объектов.

Следующим шагом исследования станет модель тарификации услуг инфраструктурного предприятия, реализуемая в ядре биллинговой системы.

Литература

1. Федеральный закон от 17.08.1995 № 147-ФЗ «О естественных монополиях» // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7578/ (дата обращения: 28.09.2026).
2. Федеральный закон от 08.11.2007 № 261-ФЗ «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Президент России. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/26440 (дата обращения: 28.09.2026).
3. Приказ Мининформсвязи России от 02.07.2007 № 73 «Об утверждении Правил применения автоматизированных систем расчетов» // Минцифры России. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/3918/ (дата обращения: 28.09.2026).
4. 1С:Enterprise Development Tools. Проект расширения конфигурации // ИТС 1С. URL: https://its.1c.ru/db/content/edtdoc/src/topics/t000538.html (дата обращения: 28.09.2026).
5. Лупанов Н. В. Некоторые аспекты создания инструментария цифровой трансформации на инфраструктурных предприятиях на базе 1С: EHS КОРП // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2025): сб. науч. тр. XXVIII Рос. науч. конф. (Москва, 4–5 декабря 2025 г.). Т. 2. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2026. С. 289–294.
6. Лупанов Н. В. Некоторые вопросы поддержки принятия решений в инфраструктурном предприятии // Инновации и инвестиции. 2026. № 3. С. 263–267.
7. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2018. 352 с.
8. Палагин Ю. И. Имитационное моделирование автоматизированных контейнерных терминалов морских портов // Транспорт: наука, техника, управление. 2025. № 8. С. 51–56. DOI: 10.36535/0236-1914-2025-08-7.
9. Скрипкин К. Г. Экономическая эффективность информационных систем. М.: ДМК Пресс, 2002. 256 с.
10. Уринцов А. И. Многоуровневые экономические информационные системы. 2003. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20144163 (дата обращения: 28.09.2026).
11. Уринцов А. И., Дик В. В. Системы поддержки принятия решений и управления эффективностью бизнеса. 2009. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20144153 (дата обращения: 28.09.2026).
12. Хрусталева Е. Расширения конфигураций. Адаптация прикладных решений с сохранением поддержки в облаках и на земле. Разработка в системе «1С:Предприятие 8.3». Litres, 2022. URL: https://books.google.com/books?id=usmJDwAAQBAJ (дата обращения: 28.09.2026).
13. Шепелин Г. И., Чижанькова И. В., Ниязбекова Ш. У. Проблематика цифровой и интеллектуальной трансформации в деятельности российских морских портов // Управленческий учет. 2023. № 6. С. 320–325. DOI: 10.25806/uu62023320-325.
14. Clements P., Northrop L. Software Product Lines: Practices and Patterns. Boston: Addison-Wesley, 2002. 563 p.
15. Driessen V. A successful Git branching model. 2010. URL: https://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model/ (дата обращения: 28.09.2026).
16. Kruchten P., Nord R. L., Ozkaya I. Technical Debt: From Metaphor to Theory and Practice // IEEE Software. 2012. Vol. 29, no. 6. P. 18–21. DOI: 10.1109/MS.2012.167.
17. Parnas D. L. On the Criteria to Be Used in Decomposing Systems into Modules // Communications of the ACM. 1972. Vol. 15, no. 12. P. 1053–1058. DOI: 10.1145/361598.361623.
18. Pohl K., Böckle G., van der Linden F. Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 467 p. DOI: 10.1007/3-540-28901-1.
19. Preston-Werner T. Semantic Versioning 2.0.0. URL: https://semver.org/ (дата обращения: 28.09.2026).

Some aspects of creating billing tools at infrastructure enterprises based on 1c:enterprise

Lupanov N.V.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article deals with creating replicable billing tools for infrastructure enterprises. Billing is understood as automated calculation of the cost of rendered services, and sea terminal operators are used as an example. When the same billing system based on the 1C:Enterprise platform is implemented for several customers, customer-specific modifications gradually become mixed with the common calculation logic. As a result, each customer ends up with its own copy of the solution, and maintenance costs grow with the number of implementations. The purpose of the study is to develop a model of modular construction and maintenance of a billing system that allows the solution to be replicated without customer copies of the core. The paper proposes a product model with four classes of components: the core, functional packages, carrier configuration adapters and project extensions. A rule for assigning functionality to these classes and constraints on the dependency graph are formalized. Tools for storing, versioning and delivering the solution based on 1C:EDT and Git are described, including a compatibility model for the delivery composition. An economic model of change propagation costs gives the number of implementations beyond which modular maintenance is more cost-effective than copying. The model was tested on 98 metadata objects of an operating configuration.

Keywords: billing, service pricing, infrastructure enterprise, sea terminal operator, instrumental methods of economics, modular architecture, 1C:Enterprise, 1C:EDT, version control, economic efficiency of information systems.

References

1. Federal Law of 17.08.1995 No. 147-FZ “On Natural Monopolies”. ConsultantPlus. (In Russ.). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7578/ (accessed 28.09.2026).
2. Federal Law of 08.11.2007 No. 261-FZ “On Sea Ports in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”. (In Russ.). Available at: http://www.kremlin.ru/acts/bank/26440 (accessed 28.09.2026).
3. Order of the Ministry of Information Technologies and Communications of the Russian Federation of 02.07.2007 No. 73 “On Approval of the Rules for the Use of Automated Settlement Systems”. (In Russ.). Available at: https://digital.gov.ru/ru/documents/3918/ (accessed 28.09.2026).

4. 1C:Enterprise Development Tools. Configuration extension project. ITS 1C. (In Russ.). Available at: https://its.1c.ru/db/content/edtdoc/src/topics/t000538.html (accessed 28.09.2026).
5. Lupanov N. V. Some aspects of creating digital transformation tools at infrastructure enterprises based on 1C:EHS CORP. Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami (IP&UZ-2025): sbornik nauchnykh trudov XXVIII Rossiyskoy nauchnoy konferentsii [Enterprise Engineering and Knowledge Management (EE&KM-2025): proceedings of the 28th Russian Scientific Conference], Moscow, December 4–5, 2025. Vol. 2. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics Publ., 2026, pp. 289–294. (In Russ.).
6. Lupanov N. V. Some issues of decision support in an infrastructure enterprise. Innovatsii i investitsii [Innovation and Investment], 2026, no. 3, pp. 263–267. (In Russ.).
7. Martin R. Chistaya arkhitektura. Iskusstvo razrabotki programmnogo obespecheniya [Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design]. Saint Petersburg: Piter Publ., 2018. 352 p. (In Russ.).
8. Palagin Yu. I. Simulation modeling of automated container terminals of seaports. Transport: nauka, tekhnika, upravlenie, 2025, no. 8, pp. 51–56. DOI: 10.36535/0236-1914-2025-08-7. (In Russ.).
9. Skripkin K. G. Ekonomicheskaya effektivnost' informatsionnykh sistem [Economic efficiency of information systems]. Moscow: DMK Press Publ., 2002. 256 p. (In Russ.).
10. Urintsov A. I. Mnogourovnevye ekonomicheskie informatsionnye sistemy [Multilevel economic information systems], 2003. (In Russ.). Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=20144163 (accessed 28.09.2026).
11. Urintsov A. I., Dik V. V. Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy i upravleniya effektivnost'yu biznesa [Decision support systems and business performance management], 2009. (In Russ.). Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=20144153 (accessed 28.09.2026).
12. Khrustaleva E. Rasshireniya konfiguratsiy. Adaptatsiya prikladnykh resheniy s sokhraneniem podderzhki v oblakakh i na zemle. Razrabotka v sisteme «1S:Predpriyatie 8.3» [Configuration extensions. Adaptation of applied solutions while maintaining support in the cloud and on-premise. Development in 1C:Enterprise 8.3]. Litres Publ., 2022. (In Russ.). Available at: https://books.google.com/books?id=usmJDwAAQBAJ (accessed 28.09.2026).
13. Shepelin G. I., Chizhan'kova I. V., Niyazbekova Sh. U. Problems of digital and intellectual transformation in the activities of Russian seaports. Upravlencheskiy uchet, 2023, no. 6, pp. 320–325. DOI: 10.25806/uu62023320-325. (In Russ.).
14. Clements P., Northrop L. Software Product Lines: Practices and Patterns. Boston: Addison-Wesley, 2002. 563 p.
15. Driessen V. A successful Git branching model, 2010. Available at: https://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model/ (accessed 28.09.2026).
16. Kruchten P., Nord R. L., Ozkaya I. Technical debt: from metaphor to theory and practice. IEEE Software, 2012, vol. 29, no. 6, pp. 18–21. DOI: 10.1109/MS.2012.167.
17. Parnas D. L. On the criteria to be used in decomposing systems into modules. Communications of the ACM, 1972, vol. 15, no. 12, pp. 1053–1058. DOI: 10.1145/361598.361623.
18. Pohl K., Böckle G., van der Linden F. Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 467 p. DOI: 10.1007/3-540-28901-1.
19. Preston-Werner T. Semantic Versioning 2.0.0. Available at: https://semver.org/ (accessed 28.09.2026).

Автоматизация CRM-сегментации с использованием ML-прогнозирования и LLM-генерации контента

Макарчук Татьяна Анатольевна
к.пед.н., доцент, доцент кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, tmakarchuk@mail.ru,

Михайлов Артем Новрузович
магистр по направлению подготовки «Прикладная информатика», руководитель группы стратегии, ООО «КОКОС GROUP», borsic@inbox.ru,

Ставер Егор Юрьевич
магистр по направлению подготовки «Прикладная информатика», аналитик, ООО «Вейм», lysenok.1998@mail.ru

В статье рассматривается подход к автоматизации сегментации клиентских баз для CRM-маркетинга на основе интеллектуальной веб-платформы. Актуальность исследования обусловлена ростом объемов клиентских данных и необходимостью перехода от ручных, экспертно-зависимых методов формирования сегментов к управляемым аналитическим процессам. Цель работы – разработка и апробация системы интеллектуальной сегментации, объединяющей модули загрузки и подготовки данных, модуль сегментации клиентской базы и модуль машинного обучения, модуль генерации контента с использованием искусственного интеллекта. В статье представлены архитектурные решения, обоснован выбор LLM-модели, описана реализация ключевых модулей платформы, а также приведены результаты апробации на данных компании, оказывающей маркетинговые услуги. Показано, что внедрение предложенного решения позволяет сократить время подготовки кампаний до 75%, увеличить количество тестируемых гипотез в 3–4 раза. Результаты подтверждают практическую значимость интеллектуальной сегментации для повышения эффективности маркетинговых коммуникаций.

Ключевые слова: CRM-маркетинг, сегментация клиентов, машинное обучение, предиктивная аналитика, генеративный искусственный интеллект, CDP-платформа, автоматизация маркетинга.

Введение

В условиях цифровой трансформации компании переходят от массовых обезличенных рассылок к персонализированным кампаниям на основе поведенческой аналитики клиентов [1]. Сегментация клиентской базы выступает ключевым инструментом этого перехода, позволяя выделять однородные группы потребителей для дифференцированных коммуникационных стратегий [2]. Несмотря на наличие современных CRM/CDP-платформ, до 60–80% рабочего времени специалистов в сфере CRM-маркетинга по-прежнему уходит на ручной отбор аудиторий и подготовку сегментов [3].

Актуальность исследования определяется тремя основными факторами. Во-первых, экспоненциальный рост объемов клиентских данных требует автоматизации процессов их обработки и анализа. Во-вторых, уход с российского рынка крупных зарубежных MarTech-платформ после 2022 года формирует потребность в отечественных решениях, обеспечивающих технологический суверенитет в области управления клиентскими данными. В-третьих, существующие инструменты не предоставляют единого контура, объединяющего функциональность CDP, ML-прогнозирование и генерацию контента, что вынуждает компании использовать разрозненные решения и увеличивает риски ошибок.

Проблемой исследования выступает высокая доля ручного труда при подготовке сегментов для российских CRM-кампаний, отсутствие прозрачного прогноза ключевых метрик (OR, CTR, CR) и ограниченные возможности A/B-тестирования. Имеющиеся в мировой практике платформы в области CRM-сегментации (Salesforce Einstein, HubSpot), автоматизирующие процессы подготовки сегмента, часто не доступны на российском рынке. В существующей практике подготовка сегмента для одной кампании может занимать до нескольких рабочих дней и включает выгрузку данных из CDP, очистку в Excel/SQL, субъективный выбор критериев и ручную оценку качества. Существующие исследования в области CRM-сегментации сосредоточены либо на применении отдельных методов машинного обучения [3, 6, 7, 8, 10], либо на использовании CDP-платформ для управления клиентскими данными [2, 4, 5].

В последние годы активно развивается направление применения больших языковых моделей (LLM) в маркетинге, в частности, для автоматизации создания контента [9]. При этом вопросы интеграции предиктивного моделирования, автоматизированного контроля качества данных и генерации контента в рамках единой веб-платформы в условиях импортозамещения остаются недостаточно проработанными, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Целью исследования является повышение эффективности маркетинговых коммуникаций и снижение трудоемкости подготовки рассылок за счет разработки платформы интеллектуальной сегментации аудитории, обеспечивающей автоматизацию отбора аудиторий, ML-прогнозирование метрик и генерацию контента.

Научная новизна исследования заключается в разработке архитектуры и программной реализации цифровой российской платформы, которая впервые в условиях импортозамещения объединяет автоматический контроль качества клиентских данных с формированием DQ-отчетов, прогнозирование временного интервала до следующей покупки на основе ансамблевых ML-моделей, генерацию персонализированного контента с использованием LLM Qwen3 14B.

Практическая значимость. Предложенная платформа может быть внедрена в компаниях, предоставляющим маркетинговые услуги, для автоматизации CRM-сегментации. Ожидаемый экономический эффект оценивается в сокращении времени подготовки сегментов до 75%, росту числа кампаний в 3–4 раза и повышению точности таргетинга. Предложенная платформа ориентирована на российский рынок MarTech-решений в условиях импортозамещения.

Эволюция подходов к сегментации клиентских баз

Сегментация клиентской базы традиционно реализуется на основе демографических, поведенческих и психографических признаков [4]. Классическим инструментом выступает RFM-анализ [5], группирующий клиентов по давности (Recency), частоте (Frequency) и денежному объему (Monetary) покупок. В цифровой экономике такие методы имеют существенные ограничения: они опираются на ограниченный набор признаков, статичны и не учитывают динамику поведения клиента.

С развитием машинного обучения возникли более сложные подходы. Обучение без учителя, в частности алгоритмы кластеризации (k-means, DBSCAN, иерархическая кластеризация), позволяет выявлять скрытые группы клиентов на основе множества признаков [6]. Обучение с учителем применяется для предиктивной сегментации, в частности, прогнозирования вероятности отклика, оттока или совершения покупки. Современные исследования демонстрируют эффективность ансамблевых моделей (XGBoost, Random Forest) и глубокого обучения для повышения точности сегментации [7].

Важным трендом в области клиентской аналитики является интеграция методов объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI, XAI) [8]. В частности, подходы SHAP (Shapley Additive exPlanations) и LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) позволяют не только строить прогнозы, но и интерпретировать факторы, влияющие на решение модели [9]. Это обеспечивает формирование прозрачных и проверяемых аналитических выводов, что критически важно для принятия обоснованных стратегических решений в CRM-маркетинге.

Цифровые платформы управления клиентскими данными

Ключевым элементом современной MarTech-экосистемы выступают платформы класса CDP (Customer Data Platform), обеспечивающие консолидацию данных из различных источников и формирование единого клиентского профиля. CDP интегрируется с операционными системами, сайтами, мобильными приложениями, CRM и ERP-системами, предоставляя данные для аналитики и активации в маркетинговых каналах.

На российском рынке значимую роль играет платформа Mindbox, предоставляющая инструментарий для сегментации, триггерных коммуникаций и персонализации. Однако типовой сценарий использования CDP часто остается частично ручным: сегменты выгружаются в табличные форматы и дорабатываются аналитиками, что увеличивает трудоемкость и снижает воспроизводимость процессов.

Анализ процесса CRM-сегментации и постановка требований к платформе

В традиционной маркетинговой компании (или отдела маркетинга компании) фактический процесс подготовки сегментов начинается с формирования контент-плана стратегом на основе акций клиента, сезонных факторов и иных оснований для коммуникаций. Далее стратег соотносит каждую коммуникацию с сегментом аудитории в описательной форме («активные клиенты с покупками в категории X», «клиенты со снижением частоты заказов»), после чего переводит это описание в no-code фильтр внутри CDP-платформы. Полученная выборка проверяется, при необходимости корректируется, и только затем передается в контур подготовки коммуникации. Такой подход имеет ряд существенных ограничений:

зависимость от субъективной экспертной логики, т.к. выбор сегментов строится на представлениях стратега, а не на автоматически сформированных рекомендациях;

высокая трудоемкость ручной настройки фильтров специалистом в конкретных условиях с итеративной корректировкой результата;

недостаточная воспроизводимость результата, в связи с тем, что один и тот же сегмент может быть по-разному описан разными специалистами;

слабая формализация контроля качества данных при фрагментарной проверки корректности данных;

ограниченность предиктивного компонента в условиях построения сегментов на исторических данных без прогнозирования будущего поведения.

ИТ-ландшафт маркетинговой компании часто представлен разрозненностью используемых решений: CRM/CDP-платформа, табличные инструменты (Excel, SQL), отдельные скрипты для обработки данных не образуют единого технологического контура.

Анализ процесса CRM-сегментации позволил сформировать ключевые функциональные требования к цифровой платформе для автоматизации CRM-сегментации с использованием ML-прогнозирования и LLM-генерации контента:

мультипроектный режим работы с ролевой моделью доступа;

подключение источников данных (интеграция с CDP и ручная загрузка CSV/Excel);

автоматический контроль качества данных (Data Quality) с формированием DQ-отчетов;

конфигурация логики сегментации через профиль проекта и контент-план;

формирование аудитории по нескольким сценариям (тематическая, активностная, гибридная сегментация);

ML-ядро для прогнозирования вероятностей реакции клиента;

рекомендательный модуль для формирования A/B-вариантов стратегий;

экспорт сегментов с историей версий и анализом результатов кампаний.

Среди нефункциональных требований важно выделить: производительность (приемлемое время выполнения операций при больших объемах данных); масштабируемость (рост объема базы без переписывания логики); надежность (идемпотентность задач, ретраи при сбоях, регулярные бэкапы); безопасность (RBAC, шифрование секретов, аудит доступа, маскирование персональных данных); наблюдаемость (централизованные логи и метрики, дашборды состояния системы); объяснимость (понятные сообщения об ошибках, пояснения к сегментам и рекомендациям).

Архитектура и технологический стек платформы интеллектуальной сегментации клиентов

Разрабатываемая платформа реализует полный цикл интеллектуальной CRM-сегментации и построена по многоуровневому принципу:

клиентский уровень;

серверный уровень;

уровень хранения данных;

интеграционный уровень.

Клиентский уровень представлен веб-интерфейсом на React, TypeScript, Vite, Tailwind CSS, Zustand, Axios, React Router. Выбор React обусловлен его пригодностью для построения интерактивных интерфейсов, TypeScript – необходимостью типизации.

Серверный уровень является backend на Python с использованием FastAPI. Выбор Python обусловлен его широкой применимостью в задачах обработки данных и машинного обучения, FastAPI обеспечивает удобный механизм построения REST API и высокую скорость разработки.

Уровень хранения данных представлен реляционной базой данных для структурированных сущностей и файловое хранилище для датасетов и ML-артефактов. Интеграционный уровень обеспечивает получения данных из внешних систем (CDP, табличные источники).

Разработка первой работающей версии платформы интеллектуальной сегментации клиентов выполнялась с использованием инфраструктуры MVP на Yandex Cloud с 4 vCPU, 8 ГБ ОЗУ, 50 ГБ дискового пространства, ОС Ubuntu 24.04 LTS. Генерация на основе LLM выполняется на отдельной рабочей станции с GPU NVIDIA GeForce RTX 5070 Ti (12 ГБ VRAM).

Структура платформы представлена четырьмя взаимосвязанными блоками: модуль загрузки и подготовки данных, модуль контроля качества данных, модуль сегментации клиентской базы на основе машинного обучения, модуль генеративного ИИ. Совокупность этих блоков формирует единый технологический пайплайн, в рамках которого исходные данные преобразуются в практические аналитические результаты, пригодные для использования в CRM-маркетинге.

Модуль загрузки и подготовки данных является исходной точкой работы платформы. Процесс загрузки реализует два сценария: импорт из файлов CSV/Excel и подключение к внешнему источнику данных (CDP). После загрузки выполняется валидация формата, сохранение файла, определение структуры колонок и создание записи о датасете. Важной составляющей является маппинг полей для сопоставления колонок входного датасета с логическими сущностями CRM-аналитики (идентификатор клиента, дата заказа, сумма и т.д.). В процессе предобработки данных выполняется фильтрация некорректных записей, обработка пропусков, проверка идентификаторов клиентов, приведение дат к единому формату, устранение дубликатов и формирование согласованного временного ряда клиентских действий. Для заказов и событий из CRM/CDP-среды дополнительно может требоваться дедупликация и учет версии записи, если одно и то же событие фиксируется в системе несколько раз.

На рисунке 1 представлен фрагмент окна разрабатываемой платформы для подключения к данным на платформе Mindbox через протокол Delta Sharing.

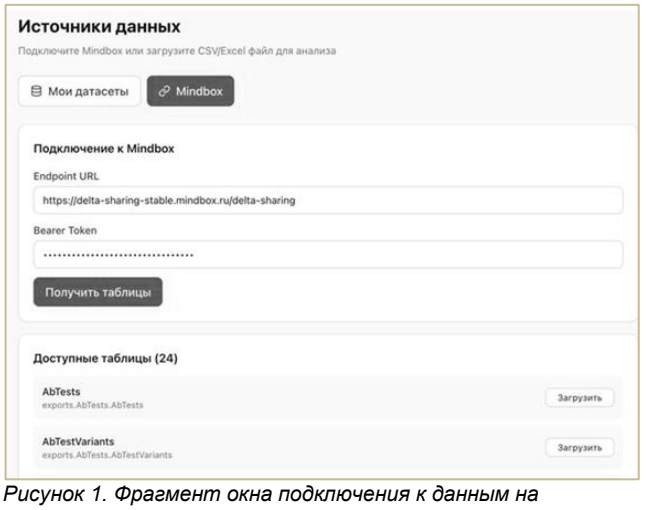


Рисунок 1. Фрагмент окна подключения к данным на платформе Mindbox через протокол Delta Sharing

В проектной реализации модуль загрузки и подготовки данных дополнен модулем контроля качества данных (Data Quality). Необходимость включения модуля Data Quality обусловлена тем, что качество сегментации и точность моделей машинного обучения напрямую зависят от полноты, корректности и согласованности исходных данных. После того как файл импортирован в систему или данные получены из внешнего источника, платформа формирует DQ-отчет, в котором отражаются ключевые характеристики набора: наличие обязательных полей, процент пропусков, наличие числового поля суммы, наличие дубликатов и другие параметры. В результате пользователь получает не просто набор данных, а формализованную оценку его пригодности для дальнейшего анализа.

Ядром интеллектуальной CRM-аналитики является модуль сегментации и ML-прогнозирования, реализующий сегментацию клиентов на нескольких уровнях:

правиловая и тематическая сегментация для отбора клиентов по заданным признакам (частота покупок, активность, категории интереса);

активностная сегментация на основе анализа взаимодействия клиента с брендом во времени (давность последней покупки, интенсивность заказов);

гибридная сегментация, как комбинация исторических признаков с результатами машинного обучения.

Ключевым компонентом является ML-модуль, решающий задачу предсказания следующей покупки клиента как задача регрессии: по истории заказов система прогнозирует количество дней до следующей покупки. Это имеет важное прикладное значение для CRM-маркетинга, позволяя точнее выбирать момент коммуникации и определять приоритетность сегментов.

Реализация ML-пайплайна включает:

загрузку и очистку истории заказов;

Feature engineering или формирование признакового пространства (количество заказов, средний интервал, средний чек, суммарные траты, характеристики скидок, временные признаки);

подготовку обучающей и тестовой выборок с временным разделением данных;

обучение модели с подбором гиперпараметров;

расчет метрик качества (MAE, RMSE, MAPE, R^2).

Для повышения качества прогнозирования используется ансамблевый подход, сочетающий несколько алгоритмов, что соответствует современным тенденциям в области клиентской аналитики [10]. Построенная модель используется для скоринга всей клиентской базы и формирования прикладных сегментов (частые, регулярные, редкие клиенты, группы с высокой/низкой ожидаемой активностью).

Визуальная демонстрация пользовательского интерфейса платформы представлена на рисунке 2 с демонстрацией экрана работы с ML-моделью и результатами сегментации клиентов.

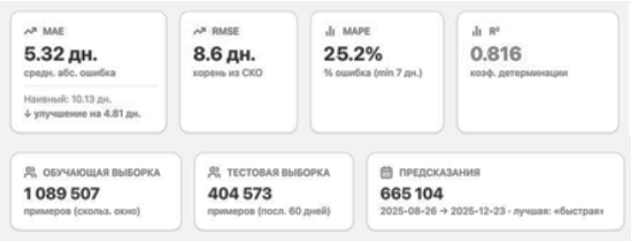


Рисунок 2. Фрагмент окна модуля ML-модели и результатов сегментации

Модуль генеративного ИИ ориентирован на поддержку коммуникационного контура CRM-маркетинга и решает задачи автоматизированной генерации черновиков маркетинговых сообщений (email, push), подготовку контент-планов для различных сегментов аудитории, формирование промптов и сценарных заготовок. С архитектурной точки зрения модуль генеративного ИИ целесообразно реализовывать как отдельный сервис или компонент, взаимодействующий с основным backend-контуром платформы. В этом случае backend передает в GenAI-модуль структурированный контекст, сформированный на основе данных CRM, результатов сегментации и параметров кампании, а в ответ получает сгенерированный текст или набор контентных вариантов. Такой подход соответствует общей модульной логике платформы и позволяет в дальнейшем подключать различные внешние API или внутренние языковые модели без перестройки всей системы.

Использование генеративного ИИ требует обязательного контроля качества контента. В практическом CRM-маркетинге недопустимо, чтобы сгенерированные сообщения автоматически отправлялись клиентам без проверки их содержания, соответствия бренду, юридическим ограничениям и бизнес-целям кампании. В проектной логике рассматриваемого решения генеративный ИИ следует рассматривать прежде всего как инструмент подготовки черновиков и вариантов, которые затем проходят редактуру и утверждение специалистом. Такая модель особенно важна на этапе апробации платформы, когда необходимо показать прикладную ценность технологии, не создавая избыточных рисков для качества клиентских коммуникаций.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ LLM-моделей для модуля генерации контента.

С учетом ограничений для MVP-этапа проекта в качестве базовой модели генерации выбрана Qwen3 14B. Данная модель занимает промежуточное положение между малыми и крупными LLM: с одной стороны, она обеспечивает более высокое качество генерации, чем модели 7–8B-класса, с другой – остается существенно более реалистичной для локального запуска на видеокарте с 12 ГБ VRAM, чем модели класса 30B+. Данная модель обеспечивает необходимый уровень качества генерации при допустимой вычислительной нагрузке и соответствует имеющимся ресурсным ограничениям. При этом архитектура платформы остается расширяемой: в дальнейшем, по мере увеличения вычислительных ресурсов, возможен переход к более крупным моделям или использование гибридной схемы локального и внешнего инференса.

Апробация платформы и оценка эффективности проекта

Апробация платформы (первая версия платформы) для сегментации клиентов выполнялась на базе российской маркетинговой компании на исторических данных о заказах и коммуникациях компании.

Экономический эффект оценивался через сокращение трудозатрат сотрудников и перераспределение времени с технических операций на стратегические задачи. Показатели эффективности внедрения платформы представлены в таблице 2. Если в исходной модели значительная часть времени аналитиков и CRM-специалистов расходовалась на механические действия по переводу бизнес-логики сегмента в фильтр CDP, ручной проверке результатов и повторной корректировке условий, то в целевой модели эти операции частично автоматизируются. Следовательно, экономический эффект проявляется не только в прямом сокращении человеко-часов, но и в повышении производительности маркетинговой функции в целом.

Таблица 1
Сравнение LLM-моделей для модуля генерации контента

Модель	Размер	Требования к запуску	Преимущества	Ограничения	Вывод для проекта
Qwen3 14B	**14,8 млрд параметров**	Для локального запуска на GPU 12 ГБ требуется квантование Q4/Q5	Хороший баланс качества и ресурсоёмкости; поддержка длинного контекста;	Требует оптимизации инференса; при большом контексте возрастает нагрузка на VRAM	**Оптимальный вариант для MVP**
Qwen3 8B	8 млрд параметров	Запускается проще, чем 14B; менее требовательна к VRAM	Быстрая и легкая модель для базовой генерации	Ниже качество сложных инструкций и длинных сценариев	Подходит как резервная модель
Llama 3.1 8B Instruct	8 млрд параметров	Возможен локальный запуск в квантованном виде	Хорошее следование инструкциям; развитая экосистема	Может требовать дополнительной проверки качества русскоязычных текстов	Возможная альтернатива, но неосновная модель
Mistral 7B Instruct	7,3 млрд параметров	Низкие требования к ресурсам	Быстрая генерация, простота локального запуска	Ограниченное качество при сложной персонализации и длинном контексте	Подходит для простых черновиков
DeepSeek-R1-Distill-Qwen-14B	14 млрд параметров	Для GPU 12 ГБ требуется квантование	Хорошо подходит для аналитических рассуждений и объяснений	Избыточна для простых CRM-текстов; может быть медленнее	Может использоваться как дополнительная модель
Модели 30B–70B	30–70+ млрд параметров	Требуют существенно большего объема VRAM или серверных GPU	Более высокое качество генерации и устойчивость к сложным инструкциям	Не соответствуют ресурсам MVP; высокие инфраструктурные затраты	Не подходят для текущего MVP

Таблица 2
Показатели эффективности проекта разработки платформы интеллектуальной сегментации

Показатель	AS-IS (до внедрения)	TO-BE (после внедрения)	Эффект
Время создания сегмента	До 2 часов	До 30 минут	Сокращение до 75%
Количество кампаний в месяц	4-6 кампаний	15-20 кампаний	Рост в 3-4 раза
Точность таргетинга	Базовый rule-based	ML-предсказание отклика	Максимизация эффекта за счет данных, а не за счет экспертной оценки
Проверка качества данных	Ручная	DQ – автоматизированная проверка	Автоматизированная проверка пригодности данных уже на этапе подключения к данным

На основе данных таблицы 2 разработка и внедрение платформы интеллектуальной сегментации приводит к сокращению времени подготовки сегментов до 75%, росту числа кампаний в 3–4 раза и повышению точности таргетинга за счет обучения модели машинного обучения на клиентских данных и генерации контента с ИИ.

Заключение

В рамках проведенного исследования получилось разработать архитектуру и программную реализацию цифровой платформы, которая впервые объединяет автоматический контроль качества клиентских данных с формированием DQ-отчетов, прогнозирование временного интервала до следующей покупки на основе ансамблевых ML-моделей, генерацию персонализированного контента с использованием LLM Qwen3 14B. Предложенное решение отличается от существующих аналогов целостностью пайплайна и ориентацией на российский рынок MarTech-решений в условиях импортозамещения.

Автоматизация CRM-сегментации с использованием ML-прогнозирования и LLM-генерации контента позволила изменить структуру труда и логику формирования сегментов. Вместо последовательности «контент-план → экспертное описание → настройка фильтра → проверка → корректировка» в новой модели операции интегрируются в единый интерфейс и автоматизируются. Дальнейшее развитие системы предполагает расширение ML-функционала (модели оттока, LTV-прогнозирование), углубленную интеграцию генеративного ИИ для персонализации контента, подключение дополнительных источников данных и развитие self-service аналитики для маркетологов.

Разработанная платформа может рассматриваться как практически значимое ИТ-решение, ориентированное на автоматизацию клиентской аналитики и поддержку управленческих решений в контуре маркетинговых коммуникаций.

Литература

1. Ремизова А.А., Самигулин Т.Р. Поведенческая аналитика: анализ современного состояния и ее применение для решения задач бизнеса// Научный результат. Информационные технологии. – 2022. – Т. 7. – № 3. – С. 63-73. EDN: KJULXR
2. Демченко С.А., Макарчук Т.А., Чачис Д.Ю. Методология построения аналитической системы клиентской базы в условиях импортозамещения// Экономика строительства. – 2025. – №9. – С. 94-96. EDN: ZYJOVW
3. Макарчук Т.А., Анастасьев Д.А. Управление продуктовыми предпочтениями клиентов с использованием технологии PROCESS MINING// Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. – Москва, 2022. – С. 119-122. EDN: XNTIZG
4. Ойнер О.К., Казаков С.Л. Поведенческая и психографическая сегментация как инструмент улучшения потребительского опыта// ЭКОНОМИКА. БИЗНЕС. БАНКИ. – 2019. – №12(38). – С. 46-53. EDN: YBJNXQ
5. Хлынин Э.В., Коровкина Н.И., Васин А.С., Быковская Е.В. Клиентоориентированный подход в процессе управления взаимоотношениями с клиентами и формирования клиентской базы //Финансы и кредит. – 2025. – Т. 31. № 7. – С. 34-51. EDN: FWVYXX
6. Бериков В.Б., Кутненко О.А., Пестунов И.А. Слабо-контролируемая групповая классификация// Вычислительные технологии. – 2024. – Т. 29. – № 1. – С. 45-58. EDN: LPNRCI
7. Ма С., Сенько О.В. Некоторые подходы к повышению точности прогнозирования с использованием ансамблевых методов// Электронные библиотеки. – 2025. – Т. 28. – № 6. – С. 1415-1434. EDN: CIXSIW
8. Aazmaan Ahmed Khan R.A. Customer segmentation using machine learning techniques// TUIJIN JISHU. – 2023. – Т.44. – №3. – С. 2051-2061. EDN: UXVMDI
9. Talaat F.M., Aljadani A., Alharthi B., Farsi M.A., Badawy M., Elhosseini M. A mathematical model for customer segmentation leveraging Deep Learning, Explainable AI and RFM analysis in targeted marketing// Mathematics. – 2023. – Т. 11. – № 18. – С. 3930-3933. EDN: PXNBGD
10. Староверов Б.А., Хамитов Р.Н. Реализация глубокого обучения для прогнозирования при помощи ансамбля нейронных сетей// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. –№ 4. – С. 185-189. EDN: MNHGOP

Automation of CRM segmentation using ML-prediction and LLM-based content generation

Makarchuk T.A., Mikhaylov A.N., Staver E.Yu.

Saint Petersburg State University of Economics, LLC "KOKOC GROUP", LLC Veim

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article presents an approach to automating customer base segmentation for CRM marketing based on an intelligent web platform. The relevance of the study is driven by the growing volume of customer data and the need to transition from manual, expert-dependent segmentation methods to managed analytical processes. The aim of the work is to develop and test an intelligent segmentation system that integrates data loading and preparation modules, a customer base segmentation module, a machine learning module, and an AI-based content generation module. The article describes architectural solutions, justifies the choice of an LLM model, outlines the implementation of key platform modules, and presents the results of testing on data from a marketing services company. It is shown that implementing the proposed solution reduces campaign preparation time by up to 75% and increases the number of testable hypotheses by 3–4 times. The results confirm the practical significance of intelligent segmentation for improving marketing communication efficiency.

Keywords: CRM marketing, customer segmentation, machine learning, predictive analytics, generative artificial intelligence, CDP platform, marketing automation.

References

1. Remizova A.A., Samigulin T.R. Behavioral analytics: analysis of the current state and its application for solving business problems // Scientific Result. Information Technologies. – 2022. – Vol. 7. – No. 3. – P. 63-73.
2. Demchenko S.A., Makarchuk T.A., Chachis D.Yu. Methodology for building an analytical customer base system in the context of import substitution // Economics of Construction. – 2025. – No. 9. – P. 94-96.
3. Makarchuk T.A., Anastasyev D.A. Management of customer product preferences using PROCESS MINING technology // Modern Problems of Civilization and Sustainable Development in the Information Society: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. – Moscow, 2022. – P. 119-122.
4. Oiner O.K., Kazakov S.L. Behavioral and psychographic segmentation as a tool for improving customer experience // ECONOMICS. BUSINESS. BANKS. – 2019. – No. 12(38). – P. 46-53.
5. Khlynin E.V., Korovkina N.I., Vasin A.S., Bykovskaya E.V. Customer-oriented approach in the process of customer relationship management and customer base formation // Finance and Credit. – 2025. – Vol. 31. – No. 7. – P. 34-51.
6. Berikov V.B., Kutnenko O.A., Pestunov I.A. Weakly supervised group classification // Computational Technologies. – 2024. – Vol. 29. – No. 1. – P. 45-58.
7. Ma S., Senko O.V. Some approaches to improving forecasting accuracy using ensemble methods // Electronic Libraries. – 2025. – Vol. 28. – No. 6. – P. 1415-1434.
8. Aazmaan Ahmed Khan R.A. Customer segmentation using machine learning techniques // TUIJIN JISHU. – 2023. – Vol. 44. – No. 3. – P. 2051-2061.
9. Talaat F.M., Aljadani A., Alharthi B., Farsi M.A., Badawy M., Elhosseini M. A mathematical model for customer segmentation leveraging Deep Learning, Explainable AI and RFM analysis in targeted marketing // Mathematics. – 2023. – Vol. 11. – No. 18. – P. 3930-3933.
10. Staroverov B.A., Khamitov R.N. Implementation of deep learning for forecasting using an ensemble of neural networks // News of Tula State University. Technical Sciences. – 2023. – No. 4. – P. 185-189.

Оценка эффективности метода CUPED при анализе продуктовых метрик цифровых сервисов

Минаков Артём Дмитриевич
аспирант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, amnkvwork@yandex.ru

Ограниченный экспериментальный трафик снижает чувствительность A/B-тестов и затрудняет обнаружение небольших продуктовых эффектов. Цель исследования состоит в оценке эффективности классического CUPED, использующего значение целевой метрики в предпериоде для снижения дисперсии оценки эффекта. Статистическое моделирование выполнено для конверсии, количества действий и выручки, а аналитические расчёты проверены методом Монте-Карло. Эффективность CUPED преимущественно определяется корреляцией между значениями метрики в предпериоде и экспериментальном периоде. При корреляции 0,4 дисперсия снижается примерно на 16%, а MDE на 8,3%; при корреляции 0,8 снижение составляет 64% и 40%. Признаков систематического смещения не выявлено. Для разреженных метрик и тяжёлых правых хвостов аналитические расчёты рекомендуется проверять на исторических данных.

Ключевые слова: CUPED, A/B-тест, снижение дисперсии, мощность статистического критерия, минимально обнаружимый эффект, продуктовые метрики, метод Монте-Карло.

Введение

A/B-тестирование применяется для оценки продуктовых изменений в цифровых сервисах. Случайное распределение пользователей между группами позволяет отделить эффект изменения от различий в составе аудитории. Однако небольшой эффект может оставаться неразличимым на фоне естественной вариативности. Его обнаружение требует увеличения выборки или продолжительности эксперимента.

В предыдущей работе нехватка трафика была выделена как одно из ограничений A/B-теста [1]. Она особенно заметна для небольших аудиторий, редких событий и множества параллельных экспериментов. Один из способов снижения потребности в новых наблюдениях состоит в использовании значений целевой метрики до начала воздействия. Такой подход расширяет информационную основу продуктовых решений [2].

Метод CUPED был предложен для повышения чувствительности контролируемых экспериментов за счёт данных предпериода [3]. Из значения метрики в экспериментальном периоде вычитается линейная составляющая, предсказываемая по поведению того же пользователя до эксперимента. Чем сильнее связь между периодами, тем больше снижение дисперсии. CUPED можно рассматривать как форму регрессионной корректировки [4, 5].

Продуктовые метрики различаются по форме распределения. Конверсия бинарна, число действий содержит много нулей, а выручка имеет тяжёлый правый хвост. Поэтому теоретическую связь между корреляцией и снижением дисперсии необходимо проверить в конечных выборках.

Цель исследования состоит в оценке эффективности классического CUPED для продуктовых метрик с различными распределениями и в формировании практических ориентиров его применения в A/B-тестах цифровых сервисов. Объектом исследования выступает статистическая оценка эффекта продуктового изменения. Предметом является изменение точности этой оценки после корректировки на значение метрики в предпериоде.

Для достижения цели фиксируется связь между корреляцией, дисперсией, MDE и требуемым трафиком. Эта связь проверяется для девяти вариантов метрик. Дополнительно оцениваются мощность, ошибка первого рода, покрытие и смещение, после чего формируются практические ориентиры.

Основная гипотеза состоит в том, что относительный выигрыш CUPED определяется прежде всего корреляцией между периодами, тогда как тип метрики влияет на надёжность аналитического приближения. Работа не предлагает нового статистического метода и имеет прикладной характер.

Теоретические основы метода CUPED

Пусть Y обозначает значение целевой метрики пользователя в экспериментальном периоде, а X её значение в предпериоде. Ковариата X измеряется до запуска изменения. Поэтому она не может быть его следствием. В классической постановке CUPED коэффициент корректировки оценивается как отношение ковариации двух величин к дисперсии ковариаты [3].

$\theta = \mathrm{Cov}(Y, X) / \mathrm{Var}(X)$

$Y_{CUPED} = Y - \theta(X - \bar{X})$

$\mathrm{Var}(Y_{CUPED}) / \mathrm{Var}(Y) = 1 - \rho^2$

снижение MDE $= 1 - \sqrt{(1 - \rho^2)}$

множитель эквивалентного размера выборки $= 1 / (1 - \rho^2)$

Центрирование X относительно общего среднего $\bar{X}$ сохраняет средний уровень скорректированной метрики. При случайном распределении пользователей ожидаемые значения ковариаты в контрольной и экспериментальной группах совпадают. При фиксированном θ вычитание одинаково построенной предсказуемой части не меняет ожидаемую разность средних. В конечной выборке θ оценивается по наблюдаемым данным. Поэтому отсутствие смещения не принимается как автоматическое следствие формулы и дополнительно проверяется методом Монте-Карло.

Коэффициент θ оценивается по объединённой выборке обеих групп. Для одной ковариаты и линейной связи остаточная дисперсия равна исходной, умноженной на $1 - \rho^2$. Поэтому корреляции 0,4 и 0,8 дают снижение дисперсии около 16% и 64%.

При фиксированных уровне значимости, целевой мощности и процедуре проверки MDE пропорционален стандартной ошибке [6]. Поэтому он сокращается медленнее дисперсии. При корреляции 0,4 снижение MDE составляет 8,3%.

Сокращение требуемого трафика не равно множителю эквивалентной выборки. Если дисперсия снижается на 16%, тот же уровень точности достигается на 84% исходной выборки, а фактическая выборка эквивалентна увеличению в $1 / 0{,}84 = 1{,}19$ раза.

Корректность CUPED требует, чтобы ковариата была измерена до воздействия, определялась одинаково в обеих группах и не зависела от назначения в экспериментальную группу. В исследовании используется одна полностью наблюдаемая ковариата, индивидуальная рандомизация и отсутствие взаимного влияния пользователей. Данные двух периодов связываются на уровне пользователя, что требует согласованного электронного обмена данными [7].

Выражение $1 - \rho^2$ описывает линейную проекцию при известных параметрах генеральной совокупности. В конечной выборке θ и корреляция оцениваются с ошибкой, а проверка гипотез опирается на нормальное приближение. Поэтому его точность может различаться для бинарных, разреженных и тяжелохвостных метрик.

Снижение дисперсии и надёжность статистических выводов следует рассматривать раздельно. CUPED может уменьшать дисперсию, но аналитическая мощность остается неточной, если распределение выборочного среднего ещё недостаточно близко к нормальному.

Методика статистического моделирования

Статистическое моделирование организовано по схеме, в которой фиксируются цель, способ формирования данных, эффект, методы и показатели качества [8]. Общие принципы статистических испытаний описаны также в русскоязычной литературе [9]. Все параметры заданы заранее, а начальное значение генератора равно 20260829.

Исследование включает девять вариантов продуктовых метрик. Они объединены в три семейства. Для каждого семейства задан основной вариант и две проверки устойчивости. Нормальное распределение не включено в перечень продуктовых метрик. Оно используется только для технической проверки настройки корреляции.

Таблица 1

Параметры сценариев статистического моделирования

Метрика	Вариант	Распределение	Параметры	Назначение
Конверсия	Редкое событие	Бернулли	p = 1%	Проверка
Конверсия	Основной	Бернулли	p = 10%	Основной расчёт
Конверсия	Частое событие	Бернулли	p = 30%	Проверка
Действия	Высокий разброс	Отрицательное биномиальное с избытком нулей	среднее 3; нули 30%; k = 0,5	Проверка
Действия	Основной	Отрицательное биномиальное с избытком нулей	среднее 3; нули 30%; k = 1,5	Основной расчёт
Действия	Низкий разброс	Отрицательное биномиальное с избытком нулей	среднее 3; нули 30%; k = 5	Проверка
Выручка	Основной	Нули и логнормальное	плательщики 10%; σ = 1,2; среднее 1	Основной расчёт
Выручка	Редкие плательщики	Нули и логнормальное	плательщики 1%; σ = 1,2; среднее 1	Проверка
Выручка	Тяжёлый правый хвост	Нули и логнормальное	плательщики 10%; σ = 1,8; среднее 1	Проверка

Значение конверсии формируется как случайная величина с распределением Бернулли. Основная вероятность события равна 10%. Проверки устойчивости соответствуют редкому событию с вероятностью 1% и более частому событию с вероятностью 30%. Такое построение позволяет проверить, меняется ли качество приближения при разной частоте события.

Количество действий описывается отрицательным биномиальным распределением с избыточным числом нулевых значений. В 30% случаев число действий принудительно задаётся равным нулю. Общее среднее сохраняется на уровне трёх действий на пользователя. Параметр неоднородности активных пользователей принимает значения 0,5, 1,5 и 5. Меньшее значение соответствует более выраженному разбросу между пользователями.

Выручка равна нулю для неплательщиков. Положительная часть имеет логнормальное распределение. В основном варианте доля плательщиков составляет 10%, а параметр формы σ равен 1,2. Средняя выручка по всем пользователям нормирована до одной условной единицы. В первом дополнительном варианте доля плательщиков снижена до 1% при прежнем значении σ. Во втором варианте σ увеличен до 1,8 при доле плательщиков 10%, что формирует тяжёлый правый хвост.

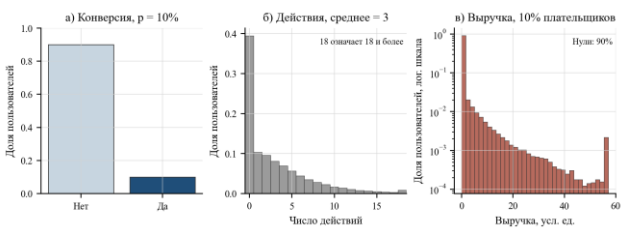


Рисунок 1. Распределения трёх базовых продуктовых метрик

Связанные значения в предпериоде и экспериментальном периоде формируются преобразованием пары нормальных случайных величин к целевым распределениям [10]. Параметр исходной зависимости подбирается численно, чтобы корреляция Пирсона между итоговыми метриками отличалась от заданной не более чем на 0,01.

Размер каждой группы равен 10 тысячам, 100 тысячам или 1 миллиону пользователей. Корреляция изменяется от 0 до 0,8 с шагом 0,1. Эффект принимает три значения. Это отсутствие эффекта, половина MDE и один MDE, рассчитанный для анализа без корректировки. Уровень значимости равен 5%, целевая мощность равна 80%, а трафик распределяется между группами поровну.

Эффект задаётся как изменение среднего значения метрики в экспериментальной группе. Для конверсии изменяется вероятность события. Для количества действий и выручки изменяется среднее при сохранении остальных параметров распределения. При разных уровнях эффекта используются одни и те же исходные псевдослучайные числа. Это уменьшает дополнительный разброс при сравнении сценариев. Сценарий без эффекта нужен для оценки ошибки первого рода и покрытия доверительного интервала.

Оценки, полученные без корректировки и после применения CUPED, сравниваются одной двусторонней процедурой с асимптотическим нормальным приближением. В обоих случаях оценка эффекта равна разности средних между экспериментальной и контрольной группами. Для CUPED сначала по объединённой выборке контрольной и экспериментальной групп оценивается θ, затем формируется скорректированная метрика. Различия в результатах поэтому связаны с корректировкой, а не с выбором разных статистических критериев.

Аналитическая сетка содержит 261 комбинацию: 243 для трёх базовых метрик и 18 для проверок устойчивости. Метод Монте-Карло применяется выборочно. Для группы из 10 тысяч пользователей выполняется 2000 повторений при ρ = 0, 0,4 и 0,8, для 100 тысяч пользователей проводится 300 повторений при ρ = 0,4. Для проверок устойчивости используется 500 повторений при ρ = 0,5, а сценарии с миллионом пользователей оцениваются аналитически.

Оцениваются дисперсия, стандартная ошибка, MDE, мощность, ошибка первого рода, покрытие 95-процентного доверительного интервала и смещение. Также рассчитываются сокращение требуемого трафика и множитель эквивалентной выборки. Смещение сопоставляется с 99-процентным интервалом Монте-Карло.

Результаты исследования

Численный подбор параметра корреляции обеспечил соблюдение заданного критерия во всех сценариях. Максимальное абсолютное отклонение фактической корреляции от целевой составило 0,0011. В технической проверке с нормальным распределением максимальное отклонение квадрата фактической корреляции от квадрата заданной корреляции составило 0,00031. Эти результаты подтверждают точность настройки зависимости между величинами.

В аналитическом приближении ожидаемый относительный выигрыш не зависит от масштаба метрики и размера выборки, если корреляция остаётся неизменной. Абсолютный MDE при увеличении каждой группы с 10 тысяч до 100 тысяч пользователей уменьшился в √10 раза. Относительное преимущество CUPED при этом сохранилось. Основные ориентиры представлены в таблице 2.

Таблица 2

Теоретические ориентиры эффективности метода CUPED

ρ	Снижение дисперсии, %	Снижение MDE, %	Сокращение выборки, %	Множитель выборки	Мощность CUPED, %
0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	80,0
0,2	4,0	2,0	4,0	1,04	81,6
0,3	9,0	4,6	9,0	1,10	83,6
0,4	16,0	8,3	16,0	1,19	86,4
0,5	25,0	13,4	25,0	1,33	89,9
0,8	64,0	40,0	64,0	2,78	99,7

Примечание. Мощность рассчитана для эффекта, равного одному MDE анализа без корректировки. Для него исходная аналитическая мощность составляет 80%.

При корреляции 0,3 дисперсия уменьшается на 9%, а MDE на 4,6%. Такой выигрыш может быть полезен при простой реализации корректировки. Его практическая значимость зависит от стоимости внедрения и доступного трафика. При корреляции 0,4 снижение достигает 16% для дисперсии и 8,3% для MDE. Фактическая выборка становится эквивалентной выборке без корректировки, увеличенной в 1,19 раза.

При корреляции 0,5 дисперсия уменьшается на 25%, MDE на 13,4%, а множитель эквивалентного размера выборки равен 1,33. При корреляции 0,8 снижение достигает 64% для дисперсии и 40% для MDE. Тот же уровень точности без корректировки потребовал бы примерно в 2,78 раза больше пользователей.

Метод Монте-Карло в основных сценариях в целом воспроизвел эту закономерность. При корреляции 0,4 эмпирическое снижение дисперсии составило 16,52% для конверсии, 13,74% для количества действий и 16,90% для выручки. При корреляции 0,8 соответствующие значения составили 62,59%, 63,49% и 63,94%. Величина расхождений не противоречит точности метода Монте-Карло при данном числе повторений. Точечные различия между типами метрик поэтому не интерпретируются как устойчивые.

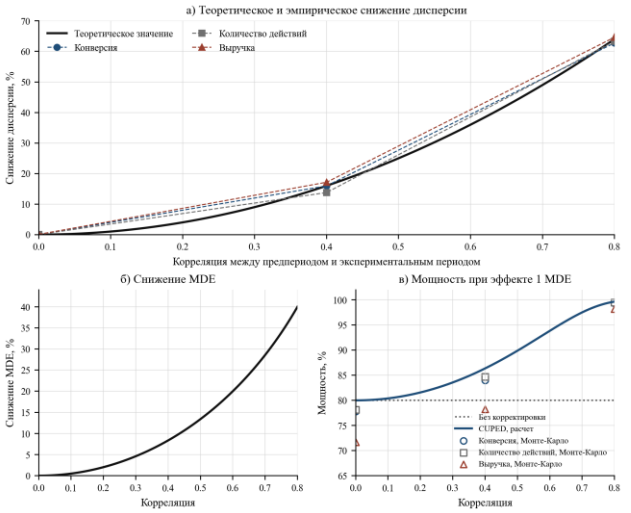


Рисунок 2. Зависимость показателей эффективности CUPED от корреляции

Рост мощности также соответствует снижению стандартной ошибки. При корреляции 0,4 и истинном эффекте величиной в один MDE анализа без корректировки мощность критерия для конверсии увеличилась с 76,8% до 84,0%. Для метрики количества действий рост составил с 79,4% до 84,7%. Для выручки он составил с 71,0% до 78,2%. При корреляции 0,8 мощность критерия после применения CUPED достигла 99,4%, 99,5% и 98,2% соответственно.

Полученная мощность критерия для выручки оказалась ниже аналитического ориентира даже без корректировки. Причина связана с формой распределения, а не с изменением целевого эффекта. Большая доля нулевых значений и редкие крупные значения замедляют приближение разности средних к нормальному закону. CUPED уменьшает дисперсию и повышает мощность по сравнению с процедурой без корректировки, но не устраняет это расхождение полностью.

В сценариях без эффекта частота ошибки первого рода составила 3,95–5,5% без корректировки и 3,95–6,2% после CUPED. Покрытие доверительного интервала равно 94,5–96,05% и 93,8–96,05% соответственно. Все значения находятся в заранее установленных диагностических пределах. При номинальной частоте 5% ошибка её оценки методом Монте-Карло составляет около 0,5 процентного пункта для 2000 повторений и 1,3 пункта для 300 повторений.

Ни для оценки без корректировки, ни для CUPED отклонение от истинного эффекта не вышло за границы 99-процентного интервала Монте-Карло. При нулевой корреляции эмпирическое изменение дисперсии было близко к нулю.

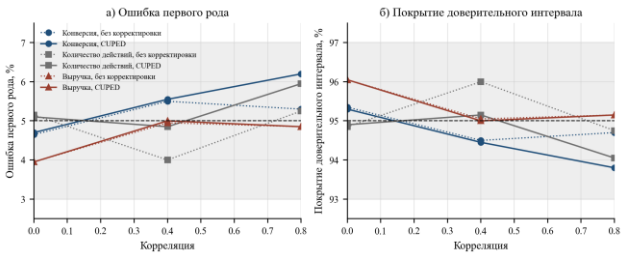


Рисунок 3. Частота ошибки первого рода и покрытие доверительного интервала по результатам метода Монте-Карло

Таблица 3
Результаты метода Монте-Карло и проверок устойчивости

Метрика и вариант	ρ	Снижение, %	Без CUPED, %	CUPED, %	Ошибка I рода, %	ДИ, %
Конверсия, 10%	0,4	16,52	76,8	84,0	5,5	94,5
Конверсия, 10%	0,8	62,59	78,9	99,4	6,2	93,8
Действия, k = 1,5	0,4	13,74	79,4	84,7	4,9	95,2
Действия, k = 1,5	0,8	63,49	77,9	99,5	5,9	94,0
Выручка, 10%; σ = 1,2	0,4	16,90	71,0	78,2	5,0	95,0
Выручка, 10%; σ = 1,2	0,8	63,94	71,8	98,2	4,9	95,2
Конверсия, 1%	0,5	23,70	72,8	81,6	6,0	94,0
Конверсия, 30%	0,5	27,61	79,0	89,0	4,6	95,4
Действия, k = 0,5	0,5	26,90	74,8	86,6	4,0	96,0
Действия, k = 5	0,5	22,66	78,0	88,4	4,8	95,2
Выручка, 1%; σ = 1,2	0,5	25,48	54,6	66,2	5,6	94,4
Выручка, 10%; σ = 1,8	0,5	33,34	77,2	88,0	4,0	96,0

Примечание. Снижение дисперсии и мощность приведены для эффекта 1 MDE. Ошибка первого рода и покрытие приведены для нулевого эффекта. Размер каждой группы равен 10 тысяч пользователей.

Проверки устойчивости подтвердили общий характер связи между корреляцией и относительным снижением дисперсии. Для конверсии с вероятностью 1% эмпирическое снижение составило 23,7% при истинном эффекте в один MDE. Для конверсии 30% оно составило 27,61%. Для вариантов количества действий значения равны 26,90% при k = 0,5 и 22,66% при k = 5. Теоретический ориентир при корреляции 0,5 равен 25%.

Наиболее заметное отклонение возникло для метрики выручки с большой долей нулевых значений. При доле плательщиков 1% эмпирическое снижение дисперсии составило 25,48%, что близко к теории, однако мощность увеличилась только с 54,6% до 66,2%. Покрытие доверительного интервала CUPED в сценарии с эффектом составило 92,8%. Это значение немного ниже принятой границы 93%. Для сценария без эффекта покрытие равнялось 94,0%.

При тяжёлом правом хвосте с σ = 1,8 эмпирическое снижение дисперсии достигло 33,34%, а мощность выросла с 77,2% до 88,0%. Средняя выборочная корреляция равнялась 0,545 при заданном значении 0,5 для генеральной совокупности. Редкие крупные наблюдения заметно изменяли выборочную оценку связи. Поэтому для подобных метрик одной точечной оценки корреляции по историческим данным недостаточно.

Во всех семействах метрик снижение дисперсии остаётся близким к квадрату корреляции. Точность аналитической мощности сильнее зависит от формы распределения, особенно для разреженной и тяжелохвостной выручки.

Обсуждение результатов и практические рекомендации

Полученные результаты позволяют использовать корреляцию как основной предварительный критерий целесообразности классического CUPED. При ρ ниже 0,3 снижение дисперсии меньше 9%, а сокращение MDE меньше 4,6%. Такой выигрыш предлагается считать слабым. При $0,3 \le \rho < 0,5$ выигрыш предлагается считать умеренным. При ρ не ниже 0,5 он предлагается считать существенным.

Эти границы не являются новым статистическим критерием. Они переводят непрерывную теоретическую зависимость в форму, удобную для планирования эксперимента. Решение остаётся экономическим и организационным. Даже небольшое сокращение MDE может быть полезно, если ковариата уже доступна и корректировка встроена в аналитическую систему. Если сбор данных предпериода требует отдельного дорогого процесса, слабый выигрыш может не окупить усложнение. При внедрении CUPED расчёт может стать частью более широкой многоуровневой информационной системы [11].

Практическая процедура начинается с проверки, что ковариата измерена до воздействия и определяется одинаково для всех пользователей. Затем на исторических данных оцениваются корреляция, снижение дисперсии, MDE и требуемый трафик. До просмотра результатов фиксируются окно предпериода, правило включения пользователей и способ оценки θ.

Для метрик без большой доли нулевых значений и тяжёлого правого хвоста при достаточном размере выборки аналитический расчёт можно использовать как первое приближение. Для редких событий, метрик выручки с большой долей нулевых значений и тяжёлым правым хвостом его нужно дополнить A/A-проверкой или моделированием на исторических данных. Такая проверка должна оценивать не только снижение дисперсии, но и ошибку первого рода, покрытие доверительного интервала и смещение.

Тип метрики не используется как самостоятельное основание для отказа от CUPED. Бинарная конверсия и метрики количества действий в проведенном исследовании дали результаты, близкие к теории. Выручка также показала снижение дисперсии, но потребовала более осторожной оценки мощности. Основанием для решения служит сочетание наблюдаемой корреляции и результатов проверки конкретной статистической процедуры.

Исследование ограничено одной полностью наблюдаемой ковариатой, измеренной в предпериоде, и индивидуальной рандомизацией без взаимного влияния пользователей. Синтетические параметры не описывают конкретный сервис. Не рассматриваются пропуски, изменение состава аудитории, неоднородность эффекта, нестабильность измерения и сценарии, одновременно меняющие долю активных пользователей и распределение их значений.

Отдельного исследования требуют метрики в виде отношений. Их оценка зависит от совместного поведения числителя и знаменателя. Для построения стандартной ошибки могут применяться линеаризация и дельта-метод [12, 13]. Выводы, полученные для средних значений на пользователя, нельзя без дополнительного обоснования переносить на такие метрики.

Дальнейшее развитие связано с несколькими ковариатами, нелинейными корректировками и признаками, построенными методами машинного обучения. Подобные подходы способны извлекать больше предсказательной информации,

чем одна метрика предпериода [14, 15, 16]. При этом усложняется защита от переобучения и возникает необходимость раздельного обучения и оценки. В данной работе эти методы не рассматриваются совместно с классическим CUPED.

Заключение

Статистическое моделирование подтвердило, что эффективность классического CUPED в первую очередь определяется корреляцией между значениями метрики в предпериоде и экспериментальном периоде. Теоретические соотношения для дисперсии и MDE подтвердились для конверсии, количества действий и базовой выручки. Систематического смещения не выявлено, а ошибка первого рода и покрытие в основных сценариях сохранились в заранее заданных диагностических пределах.

Корреляция ниже 0,3 соответствует слабому практическому выигрышу, $0,3 \le \rho < 0,5$ умеренному, а $\rho \ge 0,5$ существенному. Для метрик с большой долей нулей или тяжёлым правым хвостом теоретический расчёт следует проверять на данных, близких к реальному эксперименту. Такой подход позволяет использовать CUPED как воспроизводимый элемент системы выбора методов оценки продуктовых изменений.

Литература

1. Минаков А. Д., Вилкул А. А. О методах оценки эффективности продуктовых изменений в цифровых сервисах // Инновации и инвестиции. 2026. № 2. С. 698.
2. Уринцов А. И., Дик В. В. Система формирования и принятия решений в условиях информатизации общества: монография. М.: Евразийский открытый институт, 2008. 223 с. ISBN 978-5-374-00187-7.
3. Deng A., Xu Y., Kohavi R., Walker T. Improving the Sensitivity of Online Controlled Experiments by Utilizing Pre-Experiment Data // Proceedings of the Sixth ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2013. P. 123-132. DOI: 10.1145/2433396.2433413.
4. Kohavi R., Tang D., Xu Y. Trustworthy Online Controlled Experiments: A Practical Guide to A/B Testing. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
5. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. В 2 т. Т. 1. Теория вероятностей и прикладная статистика. 2-е изд., испр. М.: ЮНИТИ, 2001. 656 с.
6. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
7. Уринцов А. И. Электронный обмен данными: учебно-практическое пособие. М.: Евразийский открытый институт, 2011. 181 с. ISBN 978-5-374-00463-2.
8. Morris T. P., White I. R., Crowther M. J. Using Simulation Studies to Evaluate Statistical Methods // Statistics in Medicine. 2019. Vol. 38. No. 11. P. 2074-2102. DOI: 10.1002/sim.8086.
9. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. 2-е изд., доп. М.: Наука, 1975. 471 с.
10. Nelsen R. B. An Introduction to Copulas. 2nd ed. New York: Springer, 2006. DOI: 10.1007/0-387-28678-0.
11. Уринцов А. И. Многоуровневые экономические информационные системы. М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003.
12. Deng A., Knoblich U., Lu J. Applying the Delta Method in Metric Analytics: A Practical Guide with Novel Ideas // Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2018. P. 233-242. DOI: 10.1145/3219819.3219919.
13. Бикмуллина И. И., Жданов А. С. Методология обработки ratio-метрик на основе линеаризации и дельта-метода для проверки гипотез в A/B-тестировании // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2025. Вып. 3 (67). С. 44-61. DOI: 10.24412/2079-9152-2025-67-44-61.
14. Poyarkov A., Drutsa A., Khalyavin A., Gusev G., Serdyukov P. Boosted Decision Tree Regression Adjustment for Variance Reduction in Online Controlled Experiments // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. P. 235-244. DOI: 10.1145/2939672.2939688.
15. Jin Y., Ba S. Towards Optimal Variance Reduction in Online Controlled Experiments. 2021. arXiv: 2110.13406.
16. Guo Y., Coey D., Konutgan M., Li W., Schoener C., Goldman M. Machine Learning for Variance Reduction in Online Experiments // Advances in Neural Information Processing Systems. 2021. Vol. 34.

Evaluating the Efficiency of the CUPED Method for Product Metrics in Digital Services

Minakov A.D.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Limited experimental traffic reduces the sensitivity of A/B tests and makes small product effects difficult to detect. This study evaluates classical CUPED, which uses pre-experiment values of the target metric to reduce the variance of the estimated effect. Statistical simulation is performed for conversion, action-count, and revenue metrics, and the analytical calculations are checked using the Monte Carlo method. CUPED efficiency is determined primarily by the correlation between metric values in the pre-experiment and experimental periods. At a correlation of 0.4, variance decreases by about 16% and MDE by 8.3%; at a correlation of 0.8, the reductions are 64% and 40%. No evidence of systematic bias is found. For sparse metrics and heavy right tails, analytical calculations should be checked against historical data.:

Keywords: CUPED, A/B test, variance reduction, statistical power, minimum detectable effect, product metrics, Monte Carlo method.

References

1. Minakov A. D., Vilkul A. A. O metodakh otsenki effektivnosti produktovykh izmenenii v tsifrovykh servisakh [Methods for Evaluating the Effectiveness of Product Changes in Digital Services]. Innovatsii i investitsii. 2026;(2):698. (In Russ.).
2. Urintsov A. I., Dik V. V. Sistema formirovaniya i prinyatiya reshenii v usloviyakh informatizatsii obshchestva [A System for Forming and Making Decisions in the Context of Society Informatization]. Moscow: Eurasian Open Institute; 2008. 223 p. (In Russ.).
3. Deng A., Xu Y., Kohavi R., Walker T. Improving the Sensitivity of Online Controlled Experiments by Utilizing Pre-Experiment Data. Proceedings of the Sixth ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2013. P. 123–132. DOI: 10.1145/2433396.2433413.
4. Kohavi R., Tang D., Xu Y. Trustworthy Online Controlled Experiments: A Practical Guide to A/B Testing. Cambridge: Cambridge University Press; 2020.
5. Aivazyan S. A., Mkhitaryan V. S. Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki. V 2 t. T. 1. Teoriya veroyatnostei i prikladnaya statistika [Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics. In 2 vols. Vol. 1. Probability Theory and Applied Statistics]. 2nd ed. Moscow: UNITI; 2001. 656 p. (In Russ.).
6. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
7. Urintsov A. I. Elektronnyi obmen dannymi [Electronic Data Interchange]. Moscow: Eurasian Open Institute; 2011. 181 p. (In Russ.).
8. Morris T. P., White I. R., Crowther M. J. Using Simulation Studies to Evaluate Statistical Methods. Statistics in Medicine. 2019;38(11):2074–2102. DOI: 10.1002/sim.8086.
9. Ermakov S. M. Metod Monte-Karlo i smezhnye voprosy [The Monte Carlo Method and Related Topics]. 2nd ed. Moscow: Nauka; 1975. 471 p. (In Russ.).
10. Nelsen R. B. An Introduction to Copulas. 2nd ed. New York: Springer; 2006. DOI: 10.1007/0-387-28678-0.
11. Urintsov A. I. Mnogourovnevye ekonomicheskie informatsionnye sistemy [Multilevel Economic Information Systems]. Moscow: Moscow International Institute of Econometrics, Informatics, Finance and Law; 2003. (In Russ.).
12. Deng A., Knoblich U., Lu J. Applying the Delta Method in Metric Analytics: A Practical Guide with Novel Ideas. Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2018. P. 233–242. DOI: 10.1145/3219819.3219919.
13. Bikmullina I. I., Zhdanov A. S. Metodologiya obrabotki ratio-metrik na osnove linearizatsii i delta-metoda dlya proverki gipotez v A/B-testirovanii [A Methodology for Processing Ratio Metrics Based on Linearization and the Delta Method for Hypothesis Testing in A/B Tests]. Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya. 2025;3(67):44–61. DOI: 10.24412/2079-9152-2025-67-44-61. (In Russ.).
14. Poyarkov A., Drutsa A., Khalyavin A., Gusev G., Serdyukov P. Boosted Decision Tree Regression Adjustment for Variance Reduction in Online Controlled Experiments. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. P. 235–244. DOI: 10.1145/2939672.2939688.
15. Jin Y., Ba S. Towards Optimal Variance Reduction in Online Controlled Experiments. 2021. arXiv:2110.13406.
16. Guo Y., Coey D., Konutgan M., Li W., Schoener C., Goldman M. Machine Learning for Variance Reduction in Online Experiments. Advances in Neural Information Processing Systems. 2021;34.

Моделирование рыночных сценариев производства критических металлов

Неволин Александр Евгеньевич
кандидат экономических наук, младший научный сотрудник, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН, Апатиты, aprec99@mail.ru

Актуальность исследования обусловлена стратегической значимостью критических металлов для высокотехнологичных отраслей экономики. Никель, платина, родий и другие металлы платиновой группы широко применяются в «зеленой» энергетике, машиностроении, химическом производстве и электронике, что делает их востребованными в будущем. В статье рассмотрены сценарии развития производства критических металлов на примере ПАО «ГМК “Норильский никель”» крупнейшего российского производителя платиноидов, никеля, меди. Цель работы заключается в моделировании рыночных сценариев производства ключевых критических металлов компании. Задачи включают анализ рынков, разработку сценариев производства и экономическую оценку интенсификации добычи данных металлов. Основные результаты позволяют обосновать направления сохранения конкурентных преимуществ компании. Практическая применимость связана с возможностью использования полученных прогнозных сценариев для стратегического планирования производства критических металлов.

Ключевые слова. Рынок, критические металлы, сценарное моделирование, экономическая оценка, энергетический переход.

Введение

Сегодня вопрос развития минерально-сырьевой базы критических металлов приобретает стратегический характер, поскольку данные металлы используются в различных высокотехнологичных отраслях экономики, среди которых автомобильная промышленность, водородная и «зеленая» энергетика, производство электроники и бытовой техники и др.

Разные страны относят к критическим металлам различный набор элементов. Так, согласно Закону о критических сырьевых материалах ЕС (англ. Critical Raw Materials Act, CRMA), ими являются бор, кобальт, медь, литий, магний, марганец, природный графит, никель, металлы платиновой группы (МПГ), РЗМ, кремний, титан, вольфрам и др. В список критических минералов США на 2025 г. входят бор, медь, свинец, металлургический уголь, фосфат, поташ, рений, кремний, серебро и уран. Данный список обновляется каждые два года. В России распоряжением Правительства РФ от 30 августа 2022 года №2473-р утверждён перечень основных видов стратегического минерального сырья, в который включены, в частности, литий, рубидий, цезий, бериллий, РЗМ, цирконий, ниобий, тантал, золото, серебро, платиноиды (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина) и др. [1].

На настоящее время крупнейшим производителем платиноидов, в том числе палладия, и лидером по производству других видов стратегического минерального сырья в России является компания ПАО «ГМК “Норильский никель”». Норникель занимает первое место в отрасли по производству палладия, второе – никеля, четвертое – платины [2].

Производимая продукция Норникеля, помимо прочего, включает медь, золото, серебро, кобальт, а также ряд других полезных ископаемых.

Такие металлы, как медь, никель, МПГ, будут оставаться востребованными в стратегической перспективе, особенно в условиях формирования экономики с низкими выбросами углерода, так как данные элементы широко используются в «зеленой» энергетике (ветровой, солнечной), в автомобильной промышленности при производстве электромобильного транспорта и нейтрализаторов выхлопных газов. Например, никель является одним из основных компонентов при создании аккумуляторных батарей, а его сплавы активно применяются в возобновляемой энергетике. Согласно разным прогнозам, спрос на возобновляемые источник энергии (ВИЭ), в том числе солнечную и ветровую энергию, будет расти достаточно быстрыми темпами, что потребует наращивания производства критически важного сырья [3,4]. Как следствие, для Норникеля остаётся важным сохранение и развитие ресурсных преимуществ.

Цель данного исследования заключается в прогнозировании рыночных сценариев производства критических металлов ПАО «ГМК “Норильский никель”» на примере никеля, платины и родия. Задачи включают следующие: (1) проанализировать состояние и перспективы развития рынков критических металлов компании; (2) разработать рыночные сценарии производства никеля, платины и родия; (3) провести экономическую оценку проекта интенсификации добычи критических металлов на примере разработки Талнахского месторождения.

Результаты

Анализ рынка критических металлов: текущее состояние и потенциал развития

В условиях энергетического перехода и становления «зеленой» энергетики, спрос на ряд металлов будет возрастать, в том числе на никель, платину, родий. Норникель может повысить уровень извлечения данных металлов, наращивая их производство и сотрудничая с высокотехнологичными отраслями экономики (таблица 1).

Рост производства никеля становится стратегически необходимым из-за глобального увеличения спроса на этот металл, прежде всего со стороны аккумуляторной промышленности для производства электромобильного транспорта и «зелёной» энергетики. Увеличение производства платины и изменение стратегического подхода к её выпуску обусловлены растущей ролью этого металла в высокотехнологичных отраслях экономики. Платина востребована в производстве катализаторов для автомобильной и химической промышленности, водородной энергетике, электронике и медицинских технологиях. Переход к «зелёной» энергетике и ужесточение экологических стандартов встимулируют спрос на платину, особенно для топливных элементов и катализаторов, способствующих снижению выбросов [6,7].

ПАО «ГМК “Норильский никель”» входит в четверку крупнейших мировых производителей платины, обладая уникальной сырьевой базой и современными технологиями переработки. Переход к выпуску продукции с высокой степенью переработки позволит увеличить маржинальность, расширить рынки сбыта, включая страны Азии, Ближнего Востока и внутренний рынок. Мировой рынок родия испытывает острый дефицит предложения на фоне растущего спроса со стороны химической, стекольной промышленности, электроники. Это связано с тем, что родий является побочным продуктом добычи платины, а производство последней сокращается из-за истощения месторождений, низкой рентабельности и недостаточных инвестиций.

Одновременно ужесточаются экологические стандарты (Евро-7, Китай VI), требующие увеличения содержания родия в каталитических нейтрализаторах для снижения выбросов автомобилей, что только усиливает дефицит и приводит к высокой волатильности цен на этот металл. В условиях ограниченности альтернатив родию в ключевых технологических процессах компания сталкивается с рисками износа оборудования, экологическими вызовами и необходимостью повышения эффективности производства.

Таблица 1
Текущее состояние и направления развития производства критически важных металлов в ПАО «ГМК "Норильский никель"»

Металл	Области применения	Текущее состояние производства	Ключевые направления развития и использования	Возможные эффекты
Никель	Машиностроение, химическое и нефтехимическое производство, «зеленая» энергетика, производство аккумуляторных батарей	Основной продукт компании, производство – 205 тыс. т в 2024 г.	Переход к выпуску продукции высокой добавленной стоимости (катоды, соли для аккумуляторов), развитие внутреннего рынка, цифровизация производства	Увеличение маржинальности, снижение издержек, устойчивость к рыночным шокам, соответствие ESG-стандартам
Платина	Автомобильная промышленность, водородная энергетика, химическое и нефтехимическое производство, ювелирный сектор, электроника, медицина	Производство – 667 тыс. тр. унц. в 2024 г.	Развитие глубокой переработки, выпуск катализаторов, расширение применения в водородной энергетике, электронике, медицине	Рост добавленной стоимости, доступ к новым рынкам, выполнение климатических обязательств, снижение экологических рисков
Родий	Автомобильная промышленность, химическое и нефтехимическое производство, электроника, производство оптического стекла и стекловолокна	Попутное извлечение при переработке медно-никелевых руд Талнахского месторождения. Производство – порядка 2 т/год	Увеличение производства, диверсификация рынков, развитие внутреннего потребления (катализаторы, автокатализаторы, электроника)	Рост выручки, снижение зависимости от экспортных цен, импортозамещение, выполнение экологических требований

Источник: составлено автором с использованием [2, 5]

ПАО «ГМК "Норильский никель" сталкивается с серьёзными вызовами: санкционным давлением, ужесточением стандартов, экологическими и инфраструктурными рисками, а также необходимостью ускоренной диверсификации рынков [5,8].

В 2023 г. ПАО «ГМК "Норильский никель"» значительно изменил географию реализации своей продукции в связи с санкционным давлением и переориентацией на азиатские рынки (таблица 2). При этом доля экспорта в структуре продаж в страны Европы снизилась более чем на 20 пунктов, тогда как доля продаж на внутреннем рынке и экспорта в страны СНГ и Азию увеличилась.

Таблица 2
Структура продаж ПАО «ГМК "Норильский никель"» по регионам (изменение в 2022–2023 гг.)

Регион	Доля продаж в 2022 г., %	Доля продаж в 2023 г., %
Азия (включая Китай)	31	54
Европа	47	24
Северная и Южная Америка	15	10
Россия и СНГ	7	12

Источник: составлено автором на основе [5,9]

В 2025 г. компания планировала увеличить выпуск никеля до 204-211 тыс. т, платины – до 662-675 тыс. тр. унц., а также поддерживать стабильное производство родия, входя в топ-5 мировых производителей [10]. Тем самым можно сделать вывод, что сырьевая база является достаточной для поддержания и наращивания добычи и производства никеля, платины и родия. Помимо прочего, компания активно развивает переработку руд с высоким содержанием МПГ, что позволяет увеличивать долю платины и родия в общем объёме выпуска.

Моделирование рыночных сценариев производства критических металлов в ПАО «ГМК "Норильский никель"»

В рамках исследования проведено моделирование трех сценариев развития рынков для рассмотренных металлов в 2025 г.: базовый, умеренный и интенсивный. Базовый сценарий предполагает, что уровень производства, доля экспорта и продаж на внутреннем рынке остаются без изменений на уровне 2023-2024 гг. Умеренный и интенсивный сценарии основаны на прогнозах производства, представленные ПАО «ГМК "Норильский никель"» на 2025 г., а также учитывают рост доли экспорта в структуре продаж до 90% и 92% соответственно (таблица 3).

Таблица 3
Описание сценариев развития рынков никеля, платины, родия

Сценарий	Объем производства	Доля экспорта в структуре продаж	Доля продаж на внутренний рынок и в СНГ
Базовый	Остается на уровне 2024 г.	Остается на уровне 2023 г. (88%)	Остается на уровне 2023 г. (12%)
Умеренный	Определяется по нижней границе прогнозного значения, определенного Норникелем	Составляет 90%	Составляет 10%
Интенсивный	Определяется по верхней границе прогнозного значения, определенного Норникелем	Составляет 92%	Составляет 8%

Источник: составлено автором

В каждом сценарии развития рынков отражены прогнозные объемы производства металлов, структура экспорта и продаж на внутреннем рынке, а также даны аргументы по выбору стратегии, исходя из актуальных данных и рыночных тенденций (таблица 4).

Таблица 4
Результаты моделирования сценариев развития рынков никеля, платины, родия ПАО «ГМК "Норильский никель"»

Сценарий	Объем производства	Экспорт	Внутренний рынок и СНГ	Стратегия и условия реализации
Никель, тыс. т				
Базовый	205	180,4	24,6	Сохранение объема производства 2024 г., акцент на премиальные марки для Китая, поддержка внутреннего рынка
Умеренный	204	183,6	20,4	Рост за счет модернизации фабрик, освоения новых рудных горизонтов, увеличение поставок в страны БРИКС
Интенсивный	211	194,12	16,88	Запуск новых мощностей, развитие сотрудничества с Китаем, рост спроса на никель для аккумуляторов и ВИЭ
Платина, тыс. тр. унц.				
Базовый	667	586, 96	80,04	Поддержание текущих мощностей, сбалансированный мировой рынок, стабильный спрос в Азии и Европе
Умеренный	662	595, 8	66,2	Рост за счет освоения новых горизонтов на Талнахском месторождении, увеличение доли премиальных продуктов, поддержка внутреннего спроса
Интенсивный	675	621	54	Внедрение новых технологий обогащения, расширение контрактов с отраслью по производству водорода и электроники
Родий, т				
Базовый	2,0 т	1,76 т	0,24 т	Сохранение текущих объемов добычи и экспорта, фокус на стабильном спросе автопрома и химии в Китае и Азии
Умеренный	2,1 т	1,89 т	0,21 т	Рост за счет оптимизации извлечения и модернизации, увеличение поставок в Китай и Индию, поддержка гибридов
Интенсивный	2,4 т	2,21 т	0,19 т	Активное развитие переработки хвостов, новые контракты с автоконцернами, рост спроса на катализаторы

Источник: составлено автором

Согласно таблице 4, для никеля ожидаемый объем экспорта составит 180-194 тыс. т в зависимости от сценария, тогда как продажи на внутреннем рынке и в СНГ – 17-25 тыс. т; по платине экспорт прогнозируется в диапазоне 587–621 тыс. тр. унц., а внутренние продажи с учетом СНГ – 54-80 тыс. тр. унц.; для родия прогнозные величины составляют 1,8-2,2 т экспорта против 0,19-0,24 т на внутреннем рынке и в СНГ.

Экономическое моделирование проекта интенсификации добычи критических металлов

Проведем экономическое моделирование проекта увеличения добычи металлов на Талнахском месторождении по интенсивному сценарию.

Таблица 7
Финансовые показатели ПАО «ГМК “Норильский никель”» в 2024 г.

Показатель	Значение, млрд долл. США	Курс доллара, руб.	Значение, млрд руб.
Общая выручка	12,5	92,44	1 155,5
Прибыль до вычета процентов, налогов и амортизации (EBITDA)	5,2		480,7
Чистая прибыль	1,8		166,4

Источник: составлено автором на основе [12]

Для оценки доходной части проекта необходимо определить величину прибыли от продаж рассмотренных металлов. В таблице 7 представлены финансовые показатели деятельности компании по итогам 2024 г. Курс доллара принят средним за 2024 г. по данным ЦБ РФ [11].

В начале 2025 г. Норникель провел анализ структуры выручки компании. Так, доля продаж никеля в общей выручке компании составила около 22%, платины – 6%, родия – около 2% (учитывался в составе МПГ) [13]. На основе данной аналитики проведена оценка выручки и прибыли компании от продаж никеля, платины и родия в 2024 г. (таблица 8).

Таблица 8
Оценка выручки и прибыли по каждому металлу в 2024 г.

Металл	Доля в выручке, %	Оценка выручки, млрд руб.	Рентабельность EBITDA, %	Оценка прибыли, млрд руб.
Никель	22	~254	41	~104,4
Платина	6	~70		~28,7
Родий	2	~23		~9,4

Источник: составлено автором на основе [13]

Для оценки прогнозной выручки и прибыли от продаж металлов в 2025 г., рассмотрим цены, сложившиеся на них в 2024 г. (таблица 9).

Таблица 9
Средние цены на металлы, сложившиеся на рынке в 2024 г.

Металл	Цена, долл. США за т / тр. унц.	Курс доллара, руб.	Цена, руб.
Никель	16 812	92,44	1 554 101
Платина	956		88 372
Родий	6 621		612 045

Источник: составлено автором на основе [2]

В таблице 10 представлены результаты прогноза величины прибыли от продаж металлов на экспорт и внутренний рынок по интенсивному сценарию.

Таблица 10
Оценка выручки и прибыли от продаж металлов по интенсивному сценарию

Показатель	Никель	Платина	Родий
Экспорт, тыс. т/тр. унц.	194,12	621	2,21
Выручка от экспорта, млрд руб.	301,7	54,9	1,4
Прибыль от экспорта, млрд руб.	123,7	22,5	0,57
Внутренний рынок, тыс. т/тр. унц.	16,88	54	0,19
Выручка от продаж на внутренний рынок, млрд руб.	26,2	4,8	0,12
Прибыль от продаж на внутреннем рынке, млрд руб.	10,7	1,9	0,05
Общая выручка, млрд руб.	327,9	59,7	1,52
Общая прибыль, млрд руб.	134,4	24,4	0,62
Итого общая выручка по всем металлам, млрд руб.	389,12		
Итого прибыль по всем металлам, млрд руб.	159,42		

Источник: составлено автором

Таким образом, общая выручка компании от продаж никеля, платины и родия в 2025 г. по интенсивному сценарию может составить порядка 390 млрд руб., а прибыль – 160 млрд руб. По итогам 2024 г., выручка и прибыль от продаж данных металлов составила 347 и 142,1 млрд руб., согласно таблице 8, следовательно, прогнозная выручка и прибыль может вырасти на 12% за счет увеличения производства металлов и увеличения доли их экспорта.

В 2025 г. Норникель планировал инвестировать около 2,6 млрд долл. (240 млрд руб.) на развитие стратегических проектов, в том числе более 50% на развитие проектов роста производства [14]. В 2024 г. на развитие рудников Талнахского рудного узла было инвестировано около 264 млн долл. США (24,4 млрд руб.), что на 26% больше, чем в 2023 г. [2]. Следовательно, можно предположить, что в 2025 г. инвестиции в развитие Талнахского месторождения так же возрастут, и могут составить до 30 млрд руб.

Операционные расходы (OPEX) в рамках исследования оцениваются на основе данных за 2024 г. по их доле в структуре выручки. Так, операционные затраты компании в 2024 г. составили 5,1 млрд долл. США (471,4 млрд руб.), что соответствует доле 41% в общей выручке компании.

Амортизация в рамках исследования начисляется линейным способом на срок реализации проекта – 10 лет.

НДПИ оценивается по его доле в структуре общей выручки компании. В 2024 г. величина НДПИ компании составил 74,9 млрд руб., что соответствует доле 6,5% в структуре выручки. Налог на имущество в рамках исследования оценивается только на недвижимость по ставке 2,2% от среднегодовой стоимости объектов недвижимости. В расчетах принято, что недвижимая часть (здания, сооружения, инфраструктура) составляет примерно 20% от общего объёма капитальных вложений (CAPEX) по проекту, что соответствует типовой структуре капитальных затрат в горнодобывающей отрасли. Учитывая, что CAPEX принят равным 30 млрд руб., стоимость недвижимого имущества составит порядка 6 млрд руб.

В таблице 11 представлены исходные данные для рассматриваемого проекта.

Таблица 11
Исходные данные по проекту

Показатель	Значение	Источник/описание
Выручка от никеля, млрд руб.	327,9	Расчет в табл. 10
Выручка от платины, млрд руб.	59,7	Расчет в табл. 10
Выручка от родия, млрд руб.	1,52	Расчет в табл. 10
Итого выручка, млрд руб.	389,12	Расчет в табл. 10
CAPEX, млрд руб.	30	Оценка на 2025 г., согласно отчетам компании
OPEX, млрд руб.	160	Оценка по доле операционных затрат в общем объеме выручки в 2024 г. (41%)
Фонд оплаты труда, млрд руб.	28,8	18% от OPEX
Социальные выплаты, млрд руб.	8,6	30% от ФОТ
Амортизация, млрд руб.	3	CAPEX/10
Налог на имущество, млрд руб.	0,13	2,2% × CAPEX × 20%
НДПИ, млрд руб.	25,3	6,5% от выручки
Налог на прибыль, %	25	Начисляется на прибыль до налогообложения
Ставка дисконтирования, %	15	Принята исходя из среднеотраслевых значений

Источник: составлено автором

Рассчитаем денежные потоки в первый год проекта, согласно интенсивному сценарию (таблица 12).

Таблица 12
Расчет денежных потоков в первый год проекта по интенсивному сценарию

Показатель	Значение, млрд руб.	Описание
Прибыль до налогообложения	163,29	Выручка – OPEX – социальные выплаты – амортизация – НДПИ – налог на имущество
Налог на прибыль	40,82	25% от прибыли до налогообложения
Чистая прибыль	122,47	Прибыль до налогообложения – налог на прибыль
Капитальные вложения (CAPEX)	30,00	Исходные данные из табл. 11
Чистый денежный поток (NCF)	95,47	Чистая прибыль + амортизация – CAPEX

Источник: составлено автором

Согласно произведенным расчетам, чистый дисконтированный доход (NPV) за 10 лет реализации проекта составит 609,4 млрд руб.

Заключение и обсуждение

Проведённый анализ сценариев развития производства критически важных металлов в ПАО «ГМК “Норильский никель”» подтверждает высокую целесообразность выбранных стратегических решений, направленных на диверсификацию рынков сбыта, повышение глубины переработки и развитие внутреннего потребления продукции. В условиях сохраняющегося внешнего давления, волатильности мировых цен и логистических ограничений компания демонстрирует способность адаптироваться к новым вызовам за счёт комплексного подхода к управлению производственными и сбытовыми цепочками. Результаты экономического моделирования интенсивного сценария показывают, что проект по увеличению выпуска родия, платины и никеля обеспечивает значительный экономический эффект при сохранении высокой инвестиционной привлекательности: чистая приведённая стоимость (NPV) составляет 609,4 млрд руб.

В последние годы российские производители МПГ и никеля столкнулись с сокращением экспорта в Китай и другие страны Азии из-за падения спроса, усиления конкуренции с местными компаниями и увеличения скидок к мировым ценам. Одновременно с этим российская промышленность, вклю-

чая такие отрасли, как нефтехимия, автопром, электроника, медицина, нуждается в импортозамещении и гарантированных поставках МПГ и никеля для обеспечения технологического суверенитета и развития высокотехнологичного производства. Поэтому «ПАО «ГМК «Норильский никель» и другие компании начали стратегический переориентацию на внутренний рынок, сохраняя экспорт как источник валютной выручки. Ключевые предпосылки этой стратегии заключаются в структурном дисбалансе между объемами производства и внутренним спросом. Так, производство никеля в России превышает внутреннее потребление в семь раз, меди – втрое, а МПГ – более чем в 20 раз. Такой разрыв исторически компенсировался экспортом, однако санкционное давление, логистические ограничения и волатильность мировых цен существенно снизили рентабельность экспортных операций.

Развитие глубокой переработки металлов для внутреннего рынка позволяет ПАО «ГМК «Норильский никель» решить три стратегические задачи. Во-первых, локализация производственных цепочек создает устойчивый спрос. Во-вторых, переход к продукции с высокой добавленной стоимостью повышает маржинальность, что особенно критично в условиях ценовых скидок на сырьевой экспорт в Азии. В-третьих, долгосрочные контракты с российскими промышленными компаниями обеспечивают стабильный сбыт и выручку, снижая зависимость от биржевой волатильности.

Эффективность реализации внутренней стратегии подкрепляется мультипликативным эффектом для смежных отраслей. Импортозамещение критических компонентов (катализаторов, электроники, медицинских изделий) укрепляет технологический суверенитет российской промышленности. Одновременно снижаются экологические и логистические издержки: локализация переработки сокращает углеродный след транспортировки сырья, а внедрение ESG-стандартов открывает доступ к «зелёному» финансированию.

В долгосрочной перспективе комбинированная модель, предполагающая развитие внутреннего потребления при сохранении экспорта избыточных объёмов, должна обеспечить ПАО «ГМК «Норильский никель» устойчивое развитие. Этот подход оптимизирует риски, диверсифицирует рынки сбыта.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 30 августа 2022 года №2473-р – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202208310002?ysclid=mtptm7xvar770973882 дата обращения:(23.08.2026).
2.Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2024 год. – URL: https://nornik-upload.storage.yandexcloud.net/iblock/2a7/5knquo2ffsuqw6b2lhzf8h8oth4h1im3/ru_2024_annual_report_of_pjsc_mmc_norilsk_nickel.pdf (дата обращения: 23.06.2026).
3.Renewables 2025. Executive summary // IEA. – URL: https://www.iea.org/reports/renewables-2025 (дата обращения: 28.06.2026).
4.BP Energy Outlook 2023 // British Petroleum. – URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2023.pdf (дата обращения: 18.07.2026).
5.Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2023 год. – URL: https://ar2023.nornickel.ru/download/full-reports/ar_ru_annual-report_pages_nornickel_2023.pdf (дата обращения: 24.06.2026).
6.Неволин, А. Е. Стратегический анализ горно-металлургических компаний: учет социально-экологических факторов / А. Е. Неволин, А. Е. Череповицын // Экономика промышленности. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-19. – DOI 10.17073/2072-1633-2024-1-1239.
7. Cherepovitsyn, A.; Mekerova, I.; Nevolin, A. Analysis of the Potential of Palladium Market: Structural Transformation of Global Demand in the Context of the Energy Transition. Mining 2026, 6, 50. https://doi.org/10.3390/mining6030050
8.Стратегия устойчивого развития ПАО «ГМК «Норильский никель». – URL: https://csr2018.nornickel.ru/ru-RU/strategy.html (дата обращения: 23.06.2026).
9.Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2022 год. – URL: https://ar2022.nornickel.ru/download/ar/full-reports/ar_ru_annual-report_pages_nornickel_2022.pdf (дата обращения: 23.06.2026).
10.Стратегия развития «Норникеля». – URL: https://ar2024.nornickel.ru/ru/strategic-report/strategy.html (дата обращения: 23.06.2026).
11..Динамика официального курса заданной валюты. Центральный банк Российской Федерации. URL: https://cbr.ru/currency_base/dynamics/ (дата обращения: 23.08.2026).
12.Финансовый обзор (MD&A). ПАО «ГМК «Норильский никель». – URL: https://ar2024.nornickel.com/ru/business-overview/financial-overview.html (дата обращения: 28.08.2028).
13.Аналитический отчет для действующих клиентов. Норникель. – URL: https://www.aton.ru/upload/iblock/6ae/aric0uycu7r21utee8zzsr2fnpf9ozye.pdf (дата обращения: 28.08.2026).
14.«Норникель» объявляет консолидированные финансовые результаты по МСФО за 2025 год. URL: https://nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news/nornikel-obyavlyaet-konsolidirovannye-finansovye-rezultaty-po-msfo-za-2025-god/ (дата обращения: 30.08.2026).

Modeling of market scenarios for the production of critical metals

Nevolin A.E.
G.P. Luzin Institute of Economic Problems, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The relevance of the research is due to the strategic importance of critical metals for high-tech sectors of the economy. Nickel, platinum, rhodium and other platinum group metals are widely used in green energy, mechanical engineering, chemical production and electronics, which makes them in demand in the future. The article discusses scenarios for the development of critical metals production using the example of PJSC MMC Norilsk Nickel, the largest Russian producer of platinoids, nickel, and copper. The purpose of the work is to model market scenarios for the production of key critical metals of the company. The tasks include market analysis, development of production scenarios, and economic assessment of the intensification of mining of these metals. The main results allow us to substantiate the directions of preserving the company's competitive advantages. The practical applicability is related to the possibility of using the obtained forecast scenarios for strategic planning of critical metals production.

Keywords: Market, critical metals scenario modeling, economic assessment, energy transition.

References

1.Decree of the Government of the Russian Federation dated August 30, 2022 No. 2473-r URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202208310002?ysclid=mtptm7xvar770973882 (date of access: 23.08.2026).
2.The annual report of PJSC MMC Norilsk Nickel for 2024. – URL: https://nornik-upload.storage.yandexcloud.net/iblock/2a7/5knquo2ffsuqw6b2lhzf8h8oth4h1im3/ru_2024_annual_report_of_pjsc_mmc_norilsk_nickel.pdf (date of access: 23.06.2026).
3.Renewables 2025. Executive summary // IEA. – URL: https://www.iea.org/reports/renewables-2025 (date of access: 28.06.2026).
4. BP Energy Outlook 2023 // British Petroleum. – URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2023.pdf (date of access: 18.07.2026).
5.The annual report of PJSC MMC Norilsk Nickel for 2023. – URL: https://ar2023.nornickel.ru/download/full-reports/ar_ru_annual-report_pages_nornickel_2023.pdf (date of access: 24.06.2026).
6.Nevolin, A. E. Strategic analysis of mining and metallurgical companies: consideration of socio-environmental factors / A. E. Nevolin, A. E. Cherepovitsyn // Industrial economics. - 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 7-19.
7. Cherepovitsyn, A.; Mekerova, I.; Nevolin, A. Analysis of the Potential of Palladium Market: Structural Transformation of Global Demand in the Context of the Energy Transition. Mining 2026, 6, 50. https://doi.org/10.3390/mining6030050
8.The Strategy of Sustainable Development of PJSC MMC Norilsk Nickel. URL: https://csr2018.nornickel.ru/ru-RU/strategy.html (date of access: 23.06.2026).
9.Annual report of PJSC MMC Norilsk Nickel for 2022. – URL: https://ar2022.nornickel.ru/download/ar/full-reports/ar_ru_annual-report_pages_nornickel_2022.pdf (date of access: 23.06.2026).
10.Norilsk Nickel's development strategy. https://ar2024.nornickel.ru/ru/strategic-report/strategy.html (date of access: 23.06.2026).

Научно-теоретические и практические аспекты воздействия агрессивных сред на железобетонные конструкции транспортных сооружений

Тарасеева Нелли Ивановна
кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, gds@pguas.ru,

Раткин Василий Викторович
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Транспортное строительство», Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., tst@sstu.ru,

Цирулев Игорь Викторович
аспирант кафедры «Транспортное строительство», tst@sstu.ru,

Туманян Виталий Карникович
аспирант кафедры «Транспортное строительство», tst@sstu.ru

Выполнен всесторонний анализ базовых теоретических понятий и практических результатов влияния агрессивных факторов эксплуатации как природных, так и техногенных на железобетонные транспортные сооружения на автомобильных дорогах. Изучена электрохимическая природа коррозии стальных элементов и конструкций моста, анодное окисление и катодное восстановление на поверхности арматурных элементов как этапы формирования новообразований гидратированных окислов железа – ржавчины. Приведены данные о процессе карбонизации бетона на основе лабораторно-практических испытаний и натурных исследований поведения образцов бетона в различных агрессивных средах. Выявлено влияние химических компонентов окружающей среды (газов, кислот, растворов солей), температурно-влажностного режима на изменение плотности бетона и, как результат, ухудшение прочностных показателей несущих конструкций. Показано, что комплексная оценка процессов и явлений карбонизации, развития ее параметров во времени имеет важное значение для прогнозирования изменения технического состояния транспортных сооружений с момента изготовления и в течение срока эксплуатации.

Ключевые слова: автомобильные дороги, транспортные сооружения, железобетон, арматура, агрессивная среда, коррозия, карбонизация, прочность.

Введение

С момента появления и по настоящее время железобетон является широко распространенным материалом в промышленно-гражданских и транспортных сооружениях. Предполагалось, что найден тот самый материал, сроки службы которого, будут измеряться столетиями, однако, первые десятилетия показали вероятность разрушения данного конструкционного материала под воздействиями окружающих агрессивных сред уже в первые десятилетия.

Транспортные сооружения – важнейшие элементы авто- и железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающие беспрерывное перемещение по пересеченной местности. К категории инженерных сооружений, которые оказывают влияние на экономику государства, безопасность и комфорт населения, относят, в первую очередь, автомобильные, железнодорожные, пешеходные и совмещенные мосты. Большое количество типовых проектов, доказывает массовое распространение железобетона, но внушительный срок службы в совокупности с растущими нагрузками, влияние агрессивных сред создают риск деформаций, преждевременного износа, аварий и крушений мостов и путепроводов.

Задачу данной работы определила необходимость исследовать процессы взаимодействия основных элементов с агрессивными средами, поскольку опыт наблюдения за дефектами и изменениями в железобетонных конструкциях показывает существенное влияние физических и химических факторов воздействий на возникновение коррозии различных видов.

1. Электрохимическая природа коррозии

Процесс коррозии стальных элементов и конструкций в подавляющем большинстве имеет электрохимический механизм, действие которого происходит в присутствии влаги на поверхности стальных элементов с образованием анодных и катодных участков: при этом на первых осуществляется растворение металла (анодное окисление), ионизация атомов, переходящих в виде гидратированных анионов в раствор. Образовавшиеся свободные электроны остаются в кристаллической решетке металла, перемещаются к катодным участкам его поверхности, где протекает ассимиляция либо атомами растворенного кислорода, либо ионами водорода (катодное восстановление). Электрическая цепь замыкается через раствор электролита, в котором происходит перемещение гидратированных ионов.

Установлено, что продукты коррозии являются результатом вторичных процессов взаимодействия гидратированных ионов с кислородом. При этом наблюдаются следующие зависимости: хорошо растворимы, могут переноситься от места их образования; труднорастворимые, какими являются, как правило, продукты коррозии стали, откладываются на поверхности, образуя более или менее четко выраженный растущий слой ржавчины, состоящий из оксидов и гидроксидов железа.

В [1] указаны необходимые условия для протекания процесса электрохимической коррозии:

наличие активных участков поверхности металла, способных к анодному растворению, т.е. переходу атомов в растворимые ионы по реакции:

$$Fe^{2+} + 2e \leftarrow Fe \quad (1)$$

наличие веществ, необходимых для протекания катодной реакции, например, с восстановлением кислорода:

$$O_2 + 4e + 2H_2O \rightarrow 4OH^- \quad (2)$$

наличие электролита, в котором может осуществляться движение ионов между анодом и катодом.

В качестве электролита выступают растворы солей, попадающие на конструкции моста в составе противоморозных смесей с проезжей части или из эксплуатируемой среды. Катодный и анодный процессы проявляются на разных участках железобетонных опор или пролетных строений, при этом в растворе происходит направленное перемещение ионов: электроны, избыточные у анодов, передвигаются в металле к катодам (рис. 1). Возникает электрический ток, называемый током коррозии. Продукты коррозии образуются в результате вторичных реакций в электролите:

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \quad (3)$$

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 \quad (4)$$

Очевидно, что повышенное увлажнения, к примеру, мостовое сооружение через водное препятствие, приводит к насыщению бетона солями и активации процессов карбонизации. Возможным способом уменьшения коррозии может выступить катодная защита, реализуемая при увеличении защитного слоя в месте расположения арматуры и максимально возможной плотности бетона.

2. Коррозия бетона и железобетона

На железобетонные конструкции мостовых сооружений оказывают негативное влияние следующие физические и химические воздействия: влага, температурные перепады, грунтовые воды, среды с содержанием агрессивных химических элементов. Установлено, что совокупность этих факторов

приводит к ухудшению состояния и разрушению основных конструкций от действия коррозии (рис. 2).

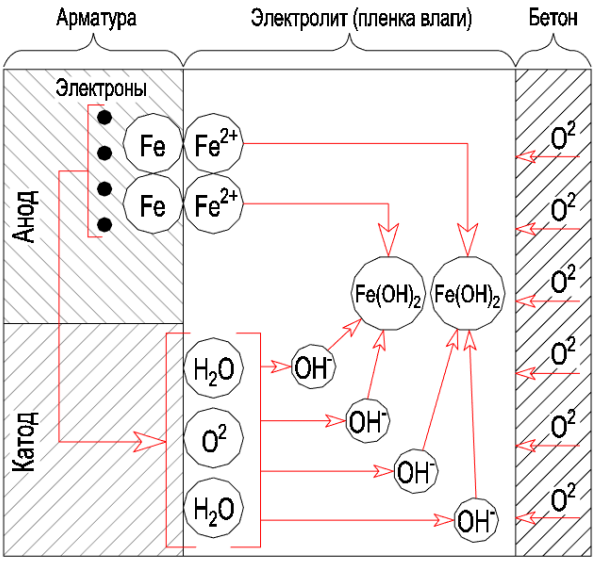


Рисунок 1 – Схема процесса коррозии в железобетоне



Рисунок 2 – Характерные дефекты и повреждения элементов моста:

а – разрушение защитного слоя и коррозия арматуры плиты сталежелезобетонного пролетного строения моста; б – то же, балок путепровода; в – то же, ригеля и тела опоры моста; г – разрушение конструкции перильного ограждения моста.

В [2] указана классификация коррозии бетона и железобетона в жидких средах:

- I вид – коррозия, связанная с воздействием водных сред с малым содержанием солей с преимущественно нейтральной реакцией (pH=6,8÷7,2);
- II вид – коррозия при воздействии весьма агрессивных сред, например, кислот, щелочей, некоторых солей, таких, как хлориды натрия или магния;
- III вид – коррозия, обусловленная проникновением в поры бетона жидких сред, содержащих компоненты, образующие с поровой жидкостью или цементным камнем нерастворимые кристаллические соединения.

Карбонизация бетона

Карбонизация бетона является основным видом коррозии в воздушных средах. Углекислый газ является наиболее распространенным из агрессивных: среднее содержание в атмосфере сельской местности составляет 0,03%, в промышленных районах и в воздухе заводских цехов его содержание может быть гораздо выше. Карбонизация приводит к изменению физико-химических характеристик цементного камня, структурным преобразованиям, уменьшению защитных свойств по отношению к арматуре, развитию разрушительных процессов различной степени интенсивности в металле конструкций и, как результат – снижение несущей способности железобетона [3].

Интерес и стимул для более глубоких исследований поведения бетона в агрессивной воздушной среде представляют уточненные в работе [4] результаты 25-летних измерений концентрации CO_2 в атмосфере на станции «Иссык-Куль», которые показывают увеличение средней месячной концентрации CO_2 с 341 до 382 млн$^{-1}$.

Пористая структура активно поглощает углекислоту, вследствие чего происходят реакции щелочных компонентов цементного камня с диоксидом углерода с образованием карбонатов. Процесс карбонизации протекает в три ступени: сначала диффундирует из воздуха CO_2, проникает через поверхность бетона в систему пор; далее углекислый газ превращается частично в угольную кислоту; последним шагом являются реакции CO_2 с щелочными компонентами цементного камня, растворенными в поровой влаге. Упрощенно карбонизацию гидроксида кальция можно представить в форме:

$$Ca(OH)_2 + C_2O + O_2 \xrightarrow{H_2O} CaCO_3 + H_2O \quad (5)$$

Все исследования изменения свойств бетона во времени базируются на основном уравнении, которое выведено авторами работы [1]:

$$x = A\sqrt{\tau} \quad (6)$$

где x – толщина нейтрализованного слоя по фенолфталеиновой пробе, см;

τ – время службы конструкции, с;

A – коэффициент, определяемый по формуле:

$$A = \sqrt{\frac{2D'C}{m_0}} \quad (7)$$

где D' – эффективный коэффициент диффузии CO_2, см^2/с;

C – концентрация CO_2 в атмосфере в относительных единицах по объему;

m_0 – реакционная емкость бетона, см^3.

В работе [5] приводится анализ исследований на предварительно напряженных балках с размерами 10х10х150см, армированных высокопрочной сталью использованы 6 видов цемента с расходом 300 кг/м^3 и В/Ц=0,56÷0,65; толщина защитного слоя 5, 10, 15 и 20 мм. Для оценки влияния кислых газов воздушной среды балки установили в 5 различных местах:

а) в центре промышленного города;

б) в районе металлургического завода (Рур);

в) на берегу Северного моря;

г) в помещении с высокой влажностью воздуха и содержанием углекислого газа от 5 до 30%;

д) контрольные образцы – в лабораторном помещении при относительной влажности воздуха 65% и температуре 20°С.

Глубину карбонизации оценивали после 4х лет хранения в агрессивной среде (табл. 1).

Таблица 1
Глубина карбонизации бетона

Тип цемента	Глубина карбонизации, мм				
	Место расположения балок (см. выше)				
	а	*б*	*в*	*г*	*д*
Портландцемент PZ475	0-1	3-6	1	0-2	1-3
Портландцемент PZ375	0-1	4-6	1-5	3-6	2-3
Сульфатостойкий	2-4	2-5	3-6	3-8	3-6
Шлакопортландцемент EPZ	1-3	4-7	6-10	4-7	3-6
Шлакопортландцемент (50% шлака)	2-4	7-12	6-10	8-11	8-10
Шлакопортландцемент (80% шлака)	2-5	5-8	7-10	12-18	9-12

Из таблицы следует, что:

- карбонизация идет наиболее быстро в сухом помещении; во влажном, несмотря на повышенное содержание CO_2, ее значения не превышают полученные в сухой комнате при нормальном содержании углекислого газа;
- независимо от условий наименьшая глубина карбонизации образцов на портландцементе средняя – у бетона на сульфатостойком и шлакопортландцементах, наибольшая – на шлакопортландцементе с содержанием шлака 50 и 80%.

Сделаны выводы

•коррозия арматуры начинается, как только зона карбонизации распространится до поверхности арматуры;

•поверхность металлических стержней со стороны защитного слоя обычно поражена сильнее, чем противоположная;

•даже там, где карбонизация отсутствовала или была незначительной, защитный слой толщиной 5-7 мм недостаточен, поскольку возникают локальные очаги поражения со значительными потерями металла в местах, где имеются сквозные капиллярные поры от поверхности бетона до стали;

•от начальных очагов (поры или места глубокой карбонизации) коррозия распространяется как в глубь арматуры, так и по ее поверхности, а именно: первое наблюдается в медленно карбонизирующем бетоне (особенно у капиллярных пор) и при агрессивных условиях, второе – в быстро карбонизирующем бетоне.

Воздействие различных агрессивных сред на железобетон

В процессе эксплуатации конструктивных элементов моста арматура относительно долгое время находится под защитой слоя бетона. Со временем частицы агрессивной среды мигрируют к поверхности металлических стержней через структурные дефекты (поры и микротрещины), образующиеся при разрушении конструктивных элементов [1]. При взаимодействии со средами, содержащими хлорид-ионы, образуется растворимый хлорид кальция:

$$Ca(OH)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_3 + H_2O \quad (8)$$

Как известно, добавка хлорида кальция в количестве, соответствующем нормативным требованиям, позволяет улучшать противоморозные свойства, однако длительное воздействие агрессивной среды с образованием подобных солей увеличивает осадку бетона, уменьшает прочность на изгиб, в том числе, за счет образования коррозии арматуры.

В атмосфере городов и многих промышленных предприятий широко распространен и содержится в значительном количестве сернистый газ. Принципиально его действие на бетон не отличается от действия CO_2; продуктом реакции является обычно двуводный гипс:

$$Ca(OH)_2 + SO_2 + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O \quad (9)$$

В исследовании [7] проверялось действие различных газовых сред на призматические образцы армированных бетонов различной плотности сечением 5x5x15 см. Бетон готовился на речном песке и известняковом щебне с расходом портландцемента 250, 300 и 500 кг/м^3, водоцементное отношение составило 0,736, 0,55 и 0,38 соответственно. Толщина защитного слоя 15 мм.

После трехмесячного хранения в нормальных условиях образцы поместили в различные газовые среды:

воздушно-сухая (помещение лаборатории);

воздушно-влажная (относительная влажность 80% при температуре 30°С с повышенным содержанием углекислоты и кислорода);

то же, с переменной температурой (относительная влажность 100% при температуре от 20°С до 70°С);

то же, с содержанием хлористого водорода концентрации 10 мг/л (относительная влажность 36%)

то же, с содержанием хлористого водорода концентрации 100 мг/л (относительная влажность 21%);

то же, с содержанием сернистого газа концентрации 100 мг/л (влажность 100%)

то же, с содержанием сернистого газа концентрации 500 мг/л (относительная влажность 99,4%).

В процессе эксперимента концентрации агрессивных газов создавались в замкнутом объеме над раствором соответствующей летучей кислоты, который меняли один раз в месяц. Образцы периодически осматривали, проверяли глубину нейтрализации бетона путем пробы фенолфталеином на свежем изломе, оценивали состояние арматуры. Установлено, что карбонизация бетона идет тем быстрей, чем меньше его плотность. Также наиболее быстро данный процесс протекает при относительной влажности 80% (среда №2). В воздушных средах (№1–3) арматура не подверглась коррозии, за исключением среды №3, где поражение металлических стержней наблюдалось в образце с наименее плотным бетоном.

Установлено: газовая среда с хлористым водородом более агрессивна к бетону. Процесс разрушения композиционного материала идет неравномерно и тем быстрее, чем меньше его плотность. С величиной разрушения бетона и плотностью прямо связана степень коррозии арматуры (таблица 2).

Таблица 2
Состояние образцов после хранения в среде №5

Продолжительность хранения в месяцах	Расход цемента, кг/м^3	Состояние бетона	Площадь повреждения поверхности арматуры, %
10	250	Крошение	4
10	350		2
10	500		0
19	250	Полное разрушение	35
19	350	Разрушение на 13,5 мм	40
19	500	Разрушение на 11 мм	10

Процесс коррозии арматуры зависит от состояния *бетона* и активизируется с увеличением пористости *материала* и степени его повреждения (табл. 2). При повышении концентрации агрессивного газа значительно возрастает скорость разрушения: образцы, находящиеся в среде №5 полностью разрушились через 19 месяцев, в то время как в среде №4 – через 31месяц.

Действие SO_2 на бетон и арматуру значительно отличается от действия HCl: в течение первых 9 месяцев испытания идет непрерывное повышение динамического модуля упругости и только к 10-му месяцу наступает некоторое снижение. Как и в случае с хлористым водородом, увеличение концентрации SO_2 приводит к увеличению глубины диффузии газа и усилению коррозионного процесса, следует отметить, что при одинаковой концентрации HCl и SO_2 более агрессивное воздействие оказывает кислота.

Как показывает анализ вышеприведенного исследования, именно действие хлоридов на железобетон наиболее агрессивно, поэтому рассмотрим следующий опыт [7]. В качестве агрессивной среды был принят 1%-й раствор соляной кислоты HCl, показатель pH=0,56, концентрация ионов хлора 10,09 г/л; изготовлено 4 образца для оценки влияния разных видов окружающей среды:

•всестороннее воздействие раствора соляной кислоты;

•воздействие раствора соляной кислоты со стороны растянутой и сжатой зон сечения;

•воздействие раствора соляной кислоты только на сжатую часть сечения;

•нормальные температурно-влажностные условия.

Образцы в агрессивный раствор погружались полностью, концентрация соляной кислоты поддерживалась неизменной и постоянно контролировалась. Через 28 суток (затем через 180, 360, 540 и 720) проводилась оценка прочностных показателей.

Результаты испытаний бетонных кубов и призм показали, что при длительном воздействии жидкой хлоридсодержащей среды вследствие диффузии агрессивных реагентов происходит изменение свойств основного материала. Средние опытные значения для каждого временного этапа воздействия хлоридсодержащей среды приведены в табл. 3

Таблица 3
Изменение свойств бетона в 1%-ном растворе HCl

Среда	Время, суток	Кубиковая прочность бетона R, МПа	Призменная прочность бетона R_b, МПА	Модуль упругости бетона E_b, МПА	Глубина проникания хлоридов в бетон $L_{хл}$, см
Воздух	28	40,2	33,4	35500	0,00
1% раствор HCl	180	42,4	35,7	34100	0,90
	360	37,3	32,4	31900	1,40
	540	34,2	30,7	30600	1,85
	720	33,6	29,5	28200	2,30

Нами рассмотрено действие NaCl на 5 различных составов цементно-песчаных композитов при двух значениях подвижности растворной смеси (125–130 и 150–160 мм соответственно), определяемой расплывом на встряхивающемся столике [7]. После предварительного твердения в течение 28 суток во влажной среде образцы испытывали при следующих условиях: сначала их погружали на сутки одну серию в воду, вторую – в 10%-й раствор поваренной соли; затем вынимали из раствора и сушили в течение суток при температуре +40°С, обдувая воздухом. Периодически взвешивали, а после 100, 200 и 400 циклов попеременного увлажнения / высушивания (тепло-влажностной обработки (ТВО)) испытывали на прочность при сжатии и изгибе.

Таблица 4
Изменение прочности на сжатие образцов после ТВО (в течение одного года)

Состав раствора	Относительная прочность на сжатие, %, после … циклов ТВО			
	в воде, после		в 10% растворе NaCl, после	
	200	400	200	400
Средний состав	97,3	89,0	79,2	71,3
Состав на цементе «грубого помола»	-	-	-	73,5
Составы на цементах «тонкого помола»: среднее				
1:2	-	-	-	69
1:2,5	-	-	-	75
1:3	-	-	-	73
	-	-	-	63,1

По результатам испытаний установлено, что после 100 циклов ТВО прочность образцов практически не изменилась; после 200 и, особенно, 400 циклов, наблюдается значительное снижение показателей прочности. Полученные данные позволяют сделать вывод о влиянии агрессивных воздействий, в частности: многократное насыщение в растворах NaCl и высушивание образцов приводит к более интенсивному разрушению последних, чем такое же испытание в воде.

Снижение прочности цементного камня после 400 циклов увлажнения и высушивания достигает 30% (табл. 4).

Таким образом, на основе анализа научно-теоретических данных и результатов выполненных авторами натурных исследований [1…8], установлено существенное влияние хлоридной коррозии на механические и эксплуатационные свойства конструкционного материала транспортных сооружений.

Заключение

В данной статье проанализированы и изучены физические и механические основы явлений коррозии железобетонных элементов мостов.

Выполненные исследования лабораторно-экспериментальных образцов и опыта эксплуатации реальных сооружений позволили выполнить оценку физико-химических процессов и явлений взаимодействия окружающей / эксплуатационной среды на технологические характеристики железобетонных элементов.

Установлены зависимости прочностных характеристик от концентрации агрессивных элементов в воздухе атмосферы, изменения температуры и влажности, а также технологических характеристик бетона и арматуры, климатических и географических условий расположения сооружения.

Показана необходимость изучения процесса влияния агрессивных сред на железобетонные элементы транспортных сооружений с целью разработки пассивных и активных способов защиты и повышения долговечности транспортных сооружений на автомобильных дорогах.

Литература

1. Долговечность железобетона в агрессивных средах: Совм. Изд. СССР-ЧССР-ФРГ/ С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссль. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.: ил. – ISBN 5-274-00923-9
2. Овчинникова, Т. С. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций / Т. С. Овчинникова, А. Н. Маринин, И. Г. Овчинников // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 5(24). – С. 11. – EDN TKELFZ.
3. Васильев, А. А. Оценка карбонизации и развития ее параметров во времени по сечению бетонов для различных эксплуатационных условий / А. А. Васильев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2021. – № 8. – С. 43-52. – EDN KUXFDI.
4. Содержание углекислого газа в толще атмосферы центральной части Евразии (станция мониторинга "ИССЫК-КУЛЬ") / Ф. В. Кашин, В. Н. Арефьев, Н. Е. Каменоградский [и др.] // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 43, № 4. – С. 521-530. – EDN IANKXZ.
5. Маринин А.Н. Прогнозирование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом хлоридной коррозии и карбонизации: дис. канд. тех. наук: 05.11.23. - Вологорад, 2007. - 383 с.
6. Раткин В.В., Черных В.К., Тарасов А.А. Разрушительное действие хлоридсодержащей среды на примере обследования железобетонного моста в Новгородской области // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 1 (9); URL: trts.esrae.ru/15-62.
7. Тарасеева Н.И., Крылов А.С., Кузнецов Д.А. Физико-химические процессы и основы разрушения транспортных сооружений на автомобильных дорогах // Региональная архитектура и строительство. 2022. № 2 (51). С. 82-88.

Scientific, theoretical and practical aspects of the impact of aggressive environments on reinforced concrete structures of transport structures

Taraseeva N.I., Ratkin V.V., Tsirulev I.V., Tumanyan V.K.

Penza State University of Architecture and Construction, Yuri Gagarin Saratov State Technical University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

A comprehensive analysis of the basic theoretical concepts and practical results of the influence of aggressive operating factors, both natural and man-made, on reinforced concrete transport structures on highways has been carried out. The electrochemical nature of corrosion of steel elements and bridge structures, anodic oxidation and cathodic reduction on the surface of reinforcing elements as stages of the formation of new formations of hydrated iron oxides - rust - have been studied. Data are presented on the process of carbonization of concrete based on laboratory and practical tests and field studies of the behavior of concrete samples in various aggressive environments. The influence of chemical components of the environment (gases, acids, salt solutions), temperature and humidity conditions on changes in the density of concrete and, as a result, deterioration in the strength parameters of load-bearing structures has been revealed. It is shown that a comprehensive assessment of the processes and phenomena of carbonization, the development of its parameters over time is important for predicting changes in the technical condition of transport structures from the moment of manufacture and during their service life.

Keywords: highways, transport structures, reinforced concrete, reinforcement, aggressive environment, corrosion, carbonization, strength.

References

1. Durability of reinforced concrete in aggressive environments: Sovm. Ed. USSR-Czechoslovakia-Germany / S.N. Alekseev, F.M. Ivanov, S. Modry, P. Schiessl. – M.: Stroyizdat, 1990. – 320 p.: ill. – ISBN 5-274-00923-9
2. Ovchinnikova, T. S. Corrosion and anti-corrosion protection of reinforced concrete bridge structures / T. S. Ovchinnikova, A. N. Marinin, I. G. Ovchinnikov // Internet Journal of Science. – 2014. – No. 5(24). – P. 11. – EDN TKELFZ.
3. Vasiliev, A. A. Assessment of carbonization and the development of its parameters over time along the cross-section of concrete for various operating conditions / A. A. Vasiliev // Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Science. – 2021. – No. 8. – P. 43-52. – EDN KUXFDI.
4. Content of carbon dioxide in the atmosphere of the central part of Eurasia (monitoring station "ISSYK-KUL") / F. V. Kashin, V. N. Arefiev, N. E. Kamenogradsky [and others] // News of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean. – 2007. – T. 43, No. 4. – P. 521-530. – EDN IANKXZ
5. Marinin A.N. Forecasting the stress-strain state of reinforced concrete structures of transport structures, considering chloride corrosion and carbonation: dis. candidate of Technical Sciences: 05.11.23. - - Volgograd, 2007. - 383 p.
6. Ratkin V.V., Chernykh V.K., Tarasov A.A. Destructive effect of a chloride-containing environment on the example of an inspection of a reinforced concrete bridge in the Novgorod region // Technical regulation in transport construction. 2015. No. 1 (9); URL: trts.esrae.ru/15-62.
7. Taraseeva N.I., Krylov A.S., Kuznetsov D.A. Physico-chemical processes and fundamentals of destruction of transport structures on highways // Regional architecture and construction. 2022. No. 2 (51). pp. 82-88.

Автономная многослойная платформа анализа цифрового следа с ансамблем малых языковых моделей, контролируемой эксплуатацией уязвимостей и сквозной анонимизацией

Тельбух Вячеслав Владимирович
кандидат технических наук, преподаватель, ВКА им. А.Ф. Можайского,

Данилов Виталий Валерьевич
кандидат технических наук, преподаватель, ВКА им. А.Ф. Можайского,

Романов Павел Андреевич
кандидат технических наук, преподаватель ВКА им. А.Ф. Можайского

Современные задачи анализа цифрового следа требуют одновременного выполнения пассивного сбора данных из открытых источников, семантического анализа полученной информации, автоматической идентификации уязвимостей и, в отдельных случаях, контролируемой верификации эксплуатируемости обнаруженных уязвимостей. При этом ужесточение регуляторных требований и необходимость работы на объектах критической информационной инфраструктуры (КИИ) исключают использование облачных сервисов и крупных языковых моделей, требующих GPU-ускорителей. В статье представлена архитектура и экспериментальная оценка полностью локальной платформы анализа цифрового следа, функционирующей на оборудовании потребительского класса (Intel Core i7, 64 ГБ ОЗУ, без GPU). Платформа объединяет 232 модуля сбора данных, ансамбль из 16 специализированных малых языковых моделей (Small Language Models, SLM, ≤9B параметров) с адаптивной маршрутизацией [2], контекстно-зависимый RAG-индекс, каталог из 26 инструментов безопасности с универсальным Python-fallback, многоагентную оркестрацию на базе LangGraph [3], а также подсистемы контролируемой эксплуатации и сквозной анонимизации оператора. Экспериментально установлено, что предложенный ансамбль SLM потребляет на 32,3 % меньше пиковой оперативной памяти и на 64,6 % сокращает время агентского шага по сравнению с универсальной 14B-моделью при снижении качества ответа (ROUGE-L) не более чем на 2,7 %. Профилированный RAG-индекс повышает F1-меру ответов на вопросы об утечках данных на 24,2 %, а протокол двухрежимной верификации (Lab/Battle Mode) предотвращает 100 % несанкционированных попыток эксплуатации. Интегрированный модуль анонимизации Ghost Layer пропускает 99,5 % трафика через сеть Tor [4] без оставления исходного IP-адреса в логах цели и подавляет все характерные сигнатуры IDS. Регрессионное тестирование (191 тест, 0 отказов) подтверждает стабильность заявленных функций.

Ключевые слова: OSINT, цифровой след, малые языковые модели, ансамбль моделей, RAG, контролируемая эксплуатация, анонимизация, MITRE ATT&CK, многоагентные системы.

ВВЕДЕНИЕ

Экспоненциальный рост объёмов открытых данных, сокращение времени появления эксплойтов после публикации CVE и усложнение ландшафта угроз требуют от специалистов по кибербезопасности инструментов, способных в сжатые сроки выполнять глубокий анализ цифрового следа целевых организаций. Параллельно ужесточаются регуляторные требования (152-ФЗ, GDPR), прямо запрещающие передачу конфиденциальной информации сторонним облачным сервисам, включая коммерческие API больших языковых моделей. В результате критически востребованы платформы, сочетающие полноту OSINT-сбора, семантический анализ, автоматическое выявление уязвимостей и возможность контролируемой верификации – и при этом функционирующие исключительно на локальном оборудовании, без обращения к внешним провайдерам.

Анализ открытых и коммерческих систем выявляет ряд принципиальных ограничений. Фреймворки пассивного сбора (SpiderFoot HX, Recon-ng, theHarvester и др.) обеспечивают высокую полноту охвата источников, но не имеют встроенных средств семантического анализа и автоматического принятия решений – оператор вынужден вручную интерпретировать тысячи извлечённых сущностей. Прототипы на основе больших языковых моделей (LLM), в частности PentestGPT [5], требуют либо GPU-ферм, либо обращения к облачным API, что недопустимо при работе с чувствительными данными. Коммерческие облачные OSINT-сервисы (Recorded Future [6], Cyber HUMINT) предоставляют аналитику, но полностью зависят от инфраструктуры вендора и не позволяют проводить активную верификацию уязвимостей. Платформы автоматизации пентеста (Pentera [7], Cobalt Strike [8]) обеспечивают исполнение эксплойтов, однако в них отсутствуют встроенные механизмы правового контроля и сквозная анонимизация оператора. Таким образом, ни одно из рассмотренных решений не объединяет полный цикл OSINT-сбора, семантический анализ, контролируемую эксплуатацию и многослойную анонимизацию в локальной среде.

Целью настоящего исследования является создание и экспериментальное обоснование архитектуры полностью локальной многослойной платформы анализа цифрового следа, способной на оборудовании потребительского класса (CPU, без GPU) выполнять полный цикл: пассивный и активный сбор OSINT-данных, их семантическую индексацию, агентный анализ с привлечением ансамбля специализированных малых языковых моделей (≤9B параметров) [2], идентификацию уязвимостей по базам NVD [9] и MITRE ATT&CK [10], контролируемую эксплуатацию в рамках правовых ограничений и сквозную анонимизацию оператора.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

Разработать модульную трёхслойную архитектуру, объединяющую 232 OSINT-модуля, ансамбль из 16 SLM, RAG-индекс с профилированием, каталог из 26 инструментов безопасности и многоагентный оркестратор на базе LangGraph [3];

Разработать механизм адаптивной маршрутизации запросов к ансамблю SLM, обеспечивающий выполнение сложных аналитических задач на CPU без привлечения универсальных моделей большого размера;

Реализовать формализованный протокол двухрежимной верификации уязвимостей (Lab Mode – безопасная верификация / Battle Mode – контролируемая эксплуатация с криптографической авторизацией и поэтапным утверждением) с криптографической авторизацией опасных шагов и подсистему сквозной анонимизации (Ghost Layer) на базе Tor [4];

Экспериментально оценить эффективность предложенных решений по критериям быстродействия, потребления памяти, точности анализа, полноты блокировки несанкционированных действий и уровня анонимности.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Прежде чем перейти к описанию архитектуры, кратко рассмотрим существующие решения по четырём ключевым направлениям.

OSINT-фреймворки. Традиционные инструменты (SpiderFoot HX, Recon-ng, Maltego) решают задачу сбора информации из сотен источников, однако лишены встроенного семантического анализа: оператор должен самостоятельно интерпретировать полученные данные, выявлять уязвимости и планировать дальнейшие действия.

Большие языковые модели в кибербезопасности. Появление LLM стимулировало разработку агентов, способных рассуждать о безопасности. PentestGPT [5] и аналогичные прототипы демонстрируют впечатляющие результаты, но требуют либо мощных GPU, либо облачных API, что несовместимо с требованиями конфиденциальности. Попытки использовать открытые модели размером 7–13B для отдельных задач (классификация техник ATT&CK, анализ отчётов) показывают перспективность малых LLM, однако вопрос их объединения в целостную агентную платформу остаётся открытым [2].

RAG и агентные архитектуры. Retrieval-Augmented Generation (RAG) применяется для извлечения релевантных фактов из больших корпусов текста [11]. В контексте OSINT RAG-системы сталкиваются с проблемой «шума» – в индекс попадают артефакты разной природы, снижающие точность ответов. Многоагентные оркестраторы (LangGraph [3], AutoGen) позволяют строить цепочки рассуждений, но их эффективность на потребительском CPU с малыми LLM до сих пор систематически не изучалась.

Контролируемая эксплуатация и анонимизация. Инструменты активного тестирования (Cobalt Strike [8], Metasploit) предоставляют широкие возможности, но не содержат встроенных механизмов правового контроля. Для анонимизации обычно используется одиночный Tor-прокси [4], который не гарантирует защиту от утечек на других уровнях и не интегрирован с инструментами, работающими в изолированных окружениях (WSL).

Таким образом, сегодня отсутствует платформа, которая сочетала бы полный цикл OSINT-сбора, семантический анализ ансамблем малых LLM на локальном CPU, формализованный этический контроль эксплуатации, сквозную многоуровневую анонимизацию с сохранением аудита. На восполнение этого пробела и направлена настоящая работа.

АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ

Общая трёхслойная модель. Платформа построена по трёхслойной схеме, представленной на рисунке 1. Верхний слой отвечает за сбор данных: 232 модуля, семь профилей сканирования (от «безопасного пассивного» (safe_passive) до «агрессивного» (aggressive)), 26 инструментов безопасности с универсальным Python-fallback. Средний слой отвечает за интеллектуальный анализ (ансамбль из 16 SLM с адаптивным маршрутизатором, контекстно-зависимый RAG-индекс ChromaDB [11], PII-детектор на базе Microsoft Presidio [12], базы NVD [9] и MITRE ATT&CK [10], подсистема preflight-анализа). Нижний слой – за верификацию и защиту (двухрежимный протокол Lab/Battle Mode, шестислойная модель анонимизации Ghost Layer). Все компоненты функционируют на одном физическом хосте, оркестрация агентов осуществляется через LangGraph с контрольными точками в SQLite.

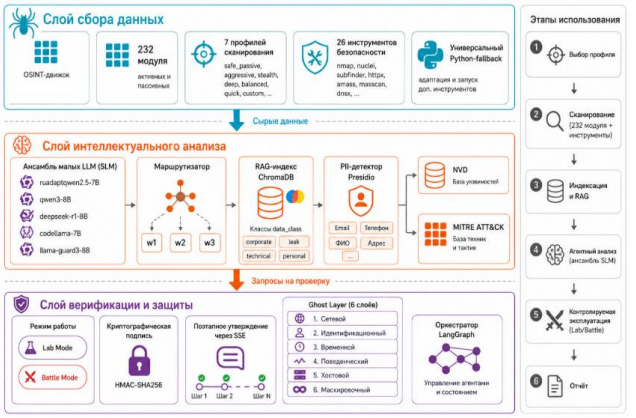


Рисунок 1 – Трёхслойная архитектурная схема платформы с этапами использования

Слой сбора данных. Платформа поддерживает семь профилей сканирования. Наименее инвазивный профиль (безопасный пассивный, safe_passive) использует 37 модулей и выполняет исключительно пассивный сбор; наиболее агрессивный (aggressive) – все 232 модуля, включая активное сканирование портов, проверку уязвимостей и т.д. В тестовой инсталляции база данных платформы содержит 104 031 сущность, при этом агрессивный профиль обеспечивает в 8,4 раза больше данных по сравнению с безопасным пассивным.

Ключевой особенностью слоя является универсальный Python-fallback для 26 инструментов безопасности (nuclei, subfinder, gobuster, sqlmap и др.). Каждый инструмент имеет встроенную реализацию на Python, использующую публичные API (NVD, crt.sh, ExploitDB) или эмулирующую необходимое поведение. При наличии нативного бинарного файла предпочтение отдаётся ему, в противном случае бесшовно активируется fallback. Это позволяет платформе функционировать в средах, где отсутствуют WSL и специализированные утилиты.

Слой интеллектуального анализа. Сердцевиной слоя является ансамбль из 16 SLM (12 моделей установлены постоянно, до 4 доступны для оперативной загрузки). Основные модели и их роли: ruadaptqwen2.5:7b – анализ документов; qwen3:8b – рассуждения об уязвимостях и вызов инструментов; deepseek-r1:8b — глубокое reasoning, планирование сложных цепочек; codellama:7b-instruct – парсинг выводов утилит и генерация структурированных данных; llama-guard3:8b – оценка рисков и фильтрация небезопасного контента.

Адаптивный маршрутизатор на основе эвристической функции пригодности [2] выбирает оптимальную модель для каждого типа задачи (doc_review, vuln_reason, exploit_plan, tool_calling и т.д.). При недоступности приоритетной модели задействуется механизм graceful fallback.

Контекстно-зависимый RAG-индекс (ChromaDB) хранит чанки, размеченные по классам data_class (corporate, personal, leak, technical, infra, noise и др.). При формировании запроса агент указывает аналитический режим (prompt_mode), на основании которого из результатов retrieval исключаются чанки нерелевантных классов. Это позволяет существенно повысить точность ответов и сократить время поиска.

Для предотвращения утечек конфиденциальной информации используется PII-детектор на базе Microsoft Presidio [12] с 9 кастомными распознавателями (паспорта, ИНН, СНИЛС, телефоны, JWT и др.).

Слой верификации и защиты. Двухрежимный протокол разделяет работу платформы на Lab Mode (безопасная верификация с блокировкой high/critical инструментов) и Battle Mode (контролируемая эксплуатация с криптографической авторизацией через HMAC-SHA256 и поэтапным утверждением). Модель анонимизации Ghost Layer включает шесть слоёв: сетевой (Tor SOCKS5), идентификационный (JA3-эмуляция), временной (jitter 0,5–3 с), поведенческий (Referer-спуфинг, DNS-over-HTTPS), хостовой (изолированный WSL-дистрибутив) и маскировочный (подмешивание безвредного трафика).

Многоагентная оркестрация. Взаимодействие агентов реализовано на базе LangGraph (StateGraph) по методологии ReAct [13] с контрольными точками в SQLite. Схема графа состояний показана на рисунке 2. Агенты включают DocumentInvestigatorAgent (7 инструментов для работы с документами), SecurityAgent (ReAct-агент с 26 инструментами безопасности) и ExploitationAgent (ReAct-агент для контролируемой эксплуатации).

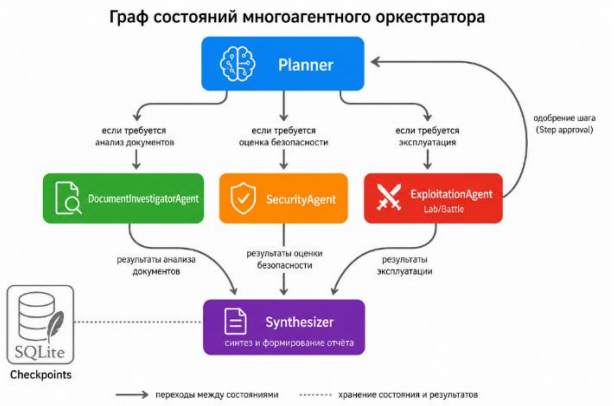


Рисунок 2 – Граф состояний многоагентного оркестратора LangGraph

Ключевые научно-технические решения:

Адаптивная маршрутизация к ансамблю SLM. Для каждой из 10 типов задач сформирован приоритетный список моделей. Маршрутизатор опрашивает Ollama [14] и, руководствуясь эвристической функцией пригодности, выбирает первую подходящую модель. Кэширование списка доступных моделей с TTL 60 с минимизирует накладные расходы.

Протокол этичного контроля эксплуатации. Конечный автомат Battle Mode включает состояния DLE (ожидание) → AUTH_ISSUED (авторизация выдана) → PLAN_APPROVED (план утверждён) → STEP_EXECUTING (шаг выполняется) → STEP_AWAITING_APPROVAL (шаг ожидает подтверждения) → ABORTED (аварийное завершение). Криптографическая подпись авторизации исключает подделку разрешений, а журнал аудита фиксирует все действия.

Контекстно-зависимый RAG с профилированием. После векторного поиска применяется фильтр, исключающий чанки, чей data_class не соответствует текущему prompt_mode агента, что одновременно убирает шум и сокращает объём подаваемого в LLM контекста.

Шестислойная модель Ghost Layer. GhostHTTPClient наследует curl_cffi.requests.Session, автоматически подставляет случайный User-Agent, устанавливает прокси и добавляет правдоподобный Referer. WSL-утилиты запускаются через ghost_run_wsl с принудительной маршрутизацией через proxychains.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА

Исследования проводились на стенде: Intel Core i7-13700H, 64 ГБ ОЗУ, Windows 11, WSL2, Ollama 0.5.7.

Постоянно загружены 12 моделей (≤9B), режим CPU.

Тестовые цели – три публичных веб-сайта (с письменного согласия владельцев) и учебный стенд DVWA.

Синтетический корпус документов – 200 файлов с внедрёнными артефактами.

Сравнение ансамбля SLM и универсальной 14B-модели.

На 50 идентичных агентских шагах сравнивались ансамбль из 12 моделей с адаптивной маршрутизацией и одна модель Phi-4 (14B) на CPU.

Результаты (таблица 1, рисунки 3, 4): ансамбль потребляет на 32,3% меньше пиковой RAM (10,5 против 15,5 ГБ), сокращает среднее время шага на 64,6% (18,4 против 52,0 с), сохраняя долю успешных вызовов инструментов на уровне 94% (против 90%) и ROUGE-L 0,71 (против 0,73).

Таблица 1
Сравнение ключевых показателей ансамбля SLM и универсальной 14B-модели.

Параметр	Ансамбль	Phi-4 14B	Разница
Пиковая RAM, ГБ	10,5	15,5	–32,3 %
Среднее время шага, с	18,4	52,0	–64,6 %
Успешных вызовов инструментов, %	94	90	+4 п.п.
ROUGE-L	0,71	0,73	–2,7 %

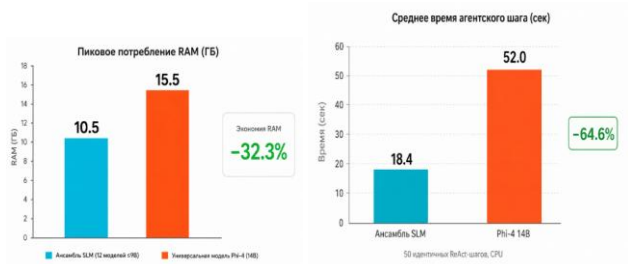


Рисунок 3 – Пиковое потребление оперативной памяти и среднее время агентского шага.

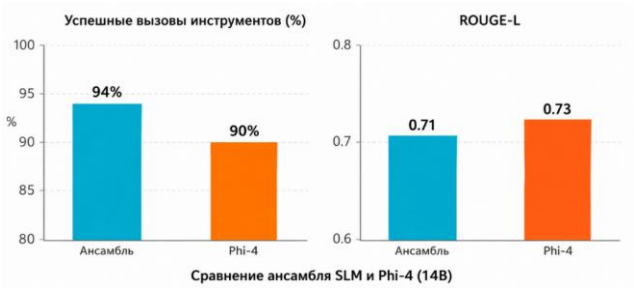


Рисунок 4 – Доля успешных вызовов инструментов (слева) и ROUGE-L (справа)

Влияние профилированного RAG. На корпусе из 200 документов с 400 вопросами средняя F1-мера выросла с 0,617 до 0,737 (+19,4%), причём для класса leak прирост составил +24,2% (таблица 2, рисунок 5). Время retrieval сократилось с 2,1 с до 0,9 с (−57,1%).

Таблица 2
Сравнение F1-меры ответов по классам данных

Класс вопросов	Без профилирования	С профилированием	Прирост
Leak (утечки данных)	0,593	0,736	+24,2 %
Technical (техническая информация)	0,640	0,762	+19,0 %
Corporate (корпоративная информация)	0,650	0,750	+15,4 %
Personal (персональные данные)	0,620	0,690	+11,3 %
Среднее	**0,617**	**0,737**	**+19,4 %**



Рисунок 5 – Сгруппированная столбчатая диаграмма F1-меры RAG

Испытания протокола Lab/Battle Mode. В 150 попытках запуска запрещённых инструментов без авторизации блокировка составила 100%; в 30 легитимных Battle-сессиях ложных срабатываний не было.

Оценка Ghost Layer. Из 2000 HTTP-запросов с активным Ghost Layer 99,5% прошли через Tor; исходный IP не зафиксирован; IDS-алерты Snort снизились до нуля (против двух без Ghost Layer). Средняя дополнительная задержка — 42,7% (рисунок 6).

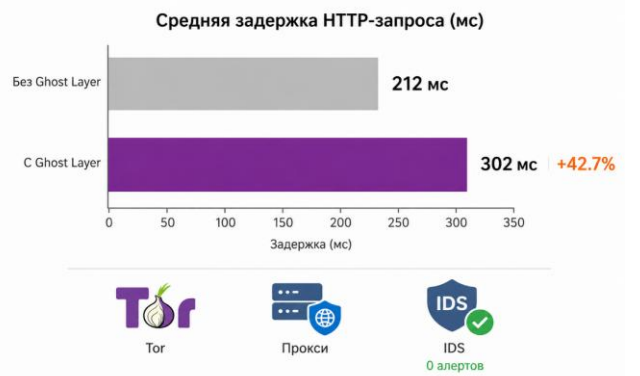


Рисунок 6 – Диаграмма задержки и индикация отсутствия IDS-алертов

Точность атрибуции CVE к техникам ATT&CK. Компонент attck_classify_text с маршрутизацией на deepseek-r1:8b или qwen3:8b показал точность 89,5% на выборке из 47 CVE относительно экспертной разметки.

Стабильность. Регрессионный набор из 191 теста (pytest) пройден без отказов.

Таким образом, при разработке и создании автономной многослойной платформы анализа цифрового следа были достигнуты следующие научные и практические результаты:

Ансамбль малых языковых моделей с адаптивной маршрутизацией. Доказано (таблица 1, рисунки 3–5), что совокупность специализированных SLM с динамической маршрутизацией обеспечивает качество, сопоставимое с универсальной 14B-моделью, при сокращении времени шага на 64,6% и потребления ОЗУ на 32,3%. Различие по ROUGE-L не превышает 2,7%, что свидетельствует о необязательности «тяжёлых» LLM для комплексного анализа безопасности.

Протокол этически-контролируемой верификации. Формально описанный протокол Lab/Battle Mode продемонстрировал 100-процентную блокировку несанкционированных попыток, что достигнуто благодаря криптографической авторизации каждого опасного действия и поэтапному утверждению.

Интегрированная модель сквозной анонимизации Ghost Layer. Шестислойная архитектура обеспечила прохождение 99,5% трафика через Tor и полное подавление сигнатур IDS при сохранении неизменяемого внутреннего аудиторского следа.

Метод контекстно-зависимого RAG с профилированием. В соответствии с таблицей 2 и рисунком 6 разметка индекса по классам данных и фильтрация retrieval повышает среднюю F1-меру на 19,4%, а для вопросов об утечках – на 24,2%. Время поиска сокращается на 57,1%.

Универсальный Python-fallback для инструментов безопасности. Реализованный шаблон (18 нативных инструментов, 8 через Python-эмуляцию) позволяет работать в средах без WSL и специализированных бинарных сборок.

Платформа полностью локализована и соответствует нормам 152-ФЗ и GDPR, позволяя эксплуатировать её на объектах КИИ. Она функционирует на типовом рабочем месте аналитика без GPU, пиковое потребление RAM не превышает 10,5 ГБ. Протокол Battle Mode с криптографической авторизацией минимизирует правовые риски при пентесте. Профилированный RAG и точная атрибуция CVE (89,5%) обеспечивают высокое качество аналитики. Ghost Layer позволяет проводить скрытый аудит без демаскировки оператора.

Сравнение с аналогами представлено в таблице 3.

Таблица 3
Сравнительные характеристики платформ

Характеристика	Предложенная платформа	SpiderFoot HX	PentestGPT	Pentera / Cobalt Strike	Recorded Future / Intel471
OSINT-сбор (модули)	232 (от безопасного пассив-ного до агрессив-ного)	200+	нет	нет	нет (облачные коннек-торы)
Локальное выполнение	Да	Частично	Нет	Да (оборудование оп.)	Нет (облако)
Ансамбль малых LLM (CPU)	Да (адаптивный, 16 ≤9B)	Нет	Нет (облачная LLM)	Нет	Нет
Автоматизированная эксплуатация	Да: Lab/Battle с контролем	Нет	Частично	Да (без контроля)	Нет

Характеристика	Предложенная платформа	SpiderFoot HX	PentestGPT	Pentera / Cobalt Strike	Recorded Future / Intel471
Этический контроль и аудит	HMAC-SHA256, журнал	Нет	Нет	Нет	Нет
Сквозная анонимизация	6-слойный Ghost Layer	Только Tor	Нет	Внешний прокси	Нет
Контекстно-зависимый RAG	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Python-fallback инструментов	Да (26)	Нет	Нет	Нет	Нет
Работа без GPU	Да	Да	Нет	Да	Нет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена архитектура, научно-технические решения и экспериментальная оценка локальной платформы анализа цифрового следа. Основные результаты:

Доказано, что ансамбль специализированных малых языковых моделей с адаптивной маршрутизацией обеспечивает качество анализа, сопоставимое с универсальной 14B-моделью, при сокращении времени шага на 64,6% и потребления памяти на 32,3%.

Предложен и экспериментально верифицирован протокол двухрежимной верификации, гарантирующий 100-процентную блокировку несанкционированной эксплуатации.

Разработана и подтверждена эффективность шестислойной модели анонимизации Ghost Layer (99,5% трафика через Tor, 0 IDS-алертов) при сохранении полного аудиторского следа.

Показано, что метод контекстно-зависимого RAG с профилированием повышает среднюю F1-меру ответов на 19,4%, а для запросов об утечках — на 24,2%.

Универсальный Python-fallback для 26 инструментов безопасности позволяет эксплуатировать платформу в средах без WSL и специализированных бинарных сборок.

Совокупность полученных результатов подтверждает возможность создания профессиональной Red/Blue Team платформы, работающей полностью локально на оборудовании потребительского класса, что особенно актуально для объектов КИИ и организаций с высокими требованиями к защите информации.

Литература

1. Wang F., Zhang H., Li X. A Survey of Small Language Models. – arXiv:2410.06118, 2024.
2. LangGraph: Build Language Agent Graphs. – URL: https://langchain-ai.github.io/langgraph/ (дата обращения: 04.05.2026).
3. Tor Project. The Onion Router. – URL: https://www.torproject.org/ (дата обращения: 04.05.2026).
4. Zhuo T.Y., Huang Y., Chen C. et al. PentestGPT: An LLM-empowered Automatic Penetration Testing Tool. – arXiv:2308.06782, 2024.
5. Recorded Future. Threat Intelligence Platform. – URL: https://www.recordedfuture.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
6. Pentera. Automated Security Validation Platform. – URL: https://www.pentera.io/ (дата обращения: 04.05.2026).
7. Fortra. Cobalt Strike: Adversary Simulation and Red Team Operations. – URL: https://www.cobaltstrike.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
8. National Vulnerability Database (NVD). – URL: https://nvd.nist.gov/ (дата обращения: 04.05.2026).
9. MITRE ATT&CK: Enterprise Matrix. – URL: https://attack.mitre.org/matrices/enterprise/ (дата обращения: 04.05.2026).
10. ChromaDB: Open-source Vector Database. – URL: https://www.trychroma.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
11. Microsoft Presidio: PII Detection and Anonymization Framework. – URL: https://microsoft.github.io/presidio/ (дата обращения: 04.05.2026).
12. Yao S., Zhao J., Yu D. et al. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. – arXiv:2210.03629, 2022.
13. Ollama: Local LLM Deployment Platform. – URL: https://ollama.com/ (дата обращения: 04.05.2026).

An autonomous multi-layered digital trace analysis platform with an assembly of small language models, controlled vulnerability exploitation, and end-to-end anonymization

Telbukh V.V., Danilov V.V., Romanov P.A.
A.F. Mozhaysky Military Space Academy

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Modern tasks related to digital footprint analysis require the simultaneous implementation of passive data collection from open sources, semantic analysis of the obtained information, automatic identification of vulnerabilities, and, in some cases, controlled verification of the exploitability of the detected vulnerabilities. At the same time, stricter regulatory requirements and the need to work on critical information infrastructure (CII) facilities rule out the use of cloud services and large language models that require GPU accelerators. The article presents the architecture and experimental evaluation of a fully local digital footprint analysis platform that operates on consumer-grade hardware (Intel Core i7, 64 GB RAM, no GPU). The platform integrates 232 data collection modules, an ensemble of 16 specialized small language models (Small Language Models, SLM, ≤9B parameters) with adaptive routing [2], a context-sensitive RAG index, a catalog of 26 security tools with a universal Python fallback, multi-agent orchestration based on LangGraph [3], as well as subsystems for controlled operation and end-to-end anonymization of the operator. It has been experimentally established that the proposed SLM ensemble consumes 32.3 % less peak RAM and reduces the agent step time by 64.6 % compared to the universal 14B model, with a drop in response quality (ROUGE-L) of no more than 2.7 %. The profiled RAG index increases the F1 score for responses to questions about data leaks by 24.2 %, and the two-mode verification protocol (Lab/Battle Mode) prevents 100 % of unauthorized exploitation attempts. The integrated Ghost Layer anonymization module passes 99.5 % of traffic through the Tor network [4] without leaving the original IP address in the target's logs and suppresses all characteristic IDS signatures. Regression testing (191 tests, 0 failures) confirms the stability of the stated functions.

Keywords: OSINT, digital footprint, small language models, model ensemble, RAG, controlled exploitation, anonymization, MITRE ATT&CK, multi-agent systems.

References

1. Wang F., Zhang H., Li X. A Survey of Small Language Models. – arXiv:2410.06118, 2024.
2. LangGraph: Build Language Agent Graphs. – URL: https://langchain-ai.github.io/langgraph/ (дата обращения: 04.05.2026).
3. Tor Project. The Onion Router. – URL: https://www.torproject.org/ (дата обращения: 04.05.2026).
4. Zhuo T.Y., Huang Y., Chen C. et al. PentestGPT: An LLM-empowered Automatic Penetration Testing Tool. – arXiv:2308.06782, 2024.
5. Recorded Future. Threat Intelligence Platform. – URL: https://www.recordedfuture.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
6. Pentera. Automated Security Validation Platform. – URL: https://www.pentera.io/ (дата обращения: 04.05.2026).
7. Fortra. Cobalt Strike: Adversary Simulation and Red Team Operations. – URL: https://www.cobaltstrike.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
8. National Vulnerability Database (NVD). – URL: https://nvd.nist.gov/ (дата обращения: 04.05.2026).
9. MITRE ATT&CK: Enterprise Matrix. – URL: https://attack.mitre.org/matrices/enterprise/ (дата обращения: 04.05.2026).
10. ChromaDB: Open-source Vector Database. – URL: https://www.trychroma.com/ (дата обращения: 04.05.2026).
11. Microsoft Presidio: PII Detection and Anonymization Framework. – URL: https://microsoft.github.io/presidio/ (дата обращения: 04.05.2026).
12. Yao S., Zhao J., Yu D. et al. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. – arXiv:2210.03629, 2022.
13. Ollama: Local LLM Deployment Platform. – URL: https://ollama.com/ (дата обращения: 04.05.2026).

Многокомпонентная загрузка для очистки сточных вод

Самодолова Олеся Александровна
старший преподаватель, кафедра водопользования и экологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный, samodolova@mail.ru,

Ульрих Дмитрий Владимирович
доктор технических наук, доцент, декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, dulrikh@lan.spbgasu.ru,

Лонзингер Татьяна Мопровна
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, Южно-Уральский государственный университет, lonzingertm@susu.ru,

Денисов Сергей Егорович
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, Южно-Уральский государственный университет, denisovse@susu.ru,

Самодолова Кристина Александровна
студент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, kristina samodolova@mail.ru

Наиболее опасными поллютантами загрязняющие водные объекты в настоящее время являются тяжелые металлы, соединения которых имеют высокую растворимость в воде, например, алюминий и железо. Несмотря на то, что данные металлы широко распространены на планете (занимают 3 и 4 место по распространенности элементов в земной коре), их высокие концентрации в стоках крайне опасны для живых организмов, так как они способны накапливаться в донных отложениях, встраиваться в пищевые цепочки, замедляя рост и развитие растений. Эффективным методом по предотвращению попадания в водоемы тяжёлых металлов в результате сброса неочищенных поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий является сорбция.

В статье описано исследование, посвящённое разработке эффективной многокомпонентной загрузки из материалов, являющихся отходами сельскохозяйственного производства, производства стекла и очистки воды: солома, лузга гречихи (гранулированная), скорлупа грецкого ореха, лузга конопли, отходы станции водоподготовки и пеностекло.

На их основе разработаны три состава многокомпонентной загрузки, изготовлены образцы и проведены исследования сорбционных характеристик в различных условиях. Полученные экспериментальные данные позволили выбрать оптимальный вариант состава многокомпонентной загрузки, состоящей из осадка очистки природных вод, скорлупы грецкого ореха, лузги конопли и гранулированной лузги гречихи. Эффективность очистки поверхностных сточных вод от алюминия и железа многокомпонентной сорбционной загрузкой составляет 99%.

Введение

В настоящее время одной из самых острых глобальных и региональных проблем является загрязнение водных объектов тяжелыми металлами. Тяжелые металлы накапливаются в донных отложениях и биомассе и способны передаваться по пищевым цепочкам. Помимо традиционных путей попадания этих поллютантов в водные объекты, например, сброс неочищенных промышленных сточных вод предприятий, эти загрязнения попадают в водоемы благодаря поверхностным сточным водам с урбанизированных территорий. Протекая по водонепроницаемым поверхностям по территории крупных промышленных городов, дождевые, талые и поливомоечные воды способны аккумулировать в себе органические и неорганические загрязнители перемещая их таким образом в водоем. По данным аналитической службы аудиторско-консалтинговой группы FinExpertiza на основе оперативных данных Росгидромета проблема экстремально высокого загрязнения рек, озер и других пресноводных объектов весьма велика. Самыми распространенными загрязняющими веществами из тяжелых металлов являлись соединения цинка, соединения меди, никеля, общего железа, алюминия [1].

Согласно анализу, проведенному нами и представленному в таблице 1, в поверхностных сточных водах крупных промышленных центров наиболее высокие концентрации имеют алюминий и железо.

Несмотря на то, что алюминий является третьим по распространению элементом в земной коре, он негативно влияет на экосистемы: токсичен для многих видов рыб, растений и беспозвоночных, оказывает влияние на pH воды, накапливается в тканях водных организмов и способен по пищевым цепочкам достигать организма человека, вызывая различные невротические и онкозаболевания, нарушает фосфорно-кальциевый обмен, тормозит синтез гемоглобина и другое [8]. Железо, идущее в списке самых распространённых элементов земной коры сразу после алюминия и занимающее четвертое место является также опасным при превышении ПДК. Железо относится к числу эссенциальных (жизненно важных) для человека микроэлементов, участвуя в процессах кроветворения, внутриклеточного обмена и регулирования окислительно-восстановительных процессов. Но его избыток способен вызывать в организме человека нарушения и патологии, в том числе накапливаться до токсической концентрации в органах и тканях, включая суставы, печень, эндокринные железы и сердце, нарушать функцию центральной нервной системы, усугубляя психические расстройства и нередко становится причиной развития дерматитов, и аллергических реакций [9].

Таблица 1
Содержание тяжелых металлов в поверхностном стоке крупных промышленных центров городов, мг/л

№	Показатель		Алюминий	Железо
1	Челябинск (данные авторов)	min	0,18	0,2
		max	3,101	4,541
2	Санкт- Петербург [2]	min	0	1
		max	0,6	2,06
3	Пермь [3]	min	0,07	0,03
		max	0,45	0,64
4	Самара [4]	min	0,01	0,37
		max	0,24	2,05
5	Нижний Новгород [5]	min	-	0,28
		max	-	2,63
6	Липецк [6]	min	-	2,41
		max	-	4,05
7	Волгоград [7]	сред.	0,223	0,422
8	Хабаровск [6]	сред.	-	1,56
9	**ПДК, р.х.**		**0,04**	**0,1**

Поэтому высокие концентрации алюминия и железа в неочищенных поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий, превышающие ПДК, являются опасным фактором, негативно влияющим на экологические системы. В качестве одного из способов предотвращения загрязнений водных объектов предлагается использование многокомпонентной сорбционной загрузки в биоинженерном сооружении.

Цель исследования – разработка многокомпонентной сорбционной загрузки для очистки от тяжелых металлов (алюминия и железа) поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

Материалы и методы исследования

Для получения экологичного, доступного и экономически рентабельного продукта в качестве основы для многокомпонентной сорбционной загрузки были выбраны отходы производства: солома (С), лузга гречихи (гранулированная) (ЛГ), скорлупа грецкого ореха (СГО), лузга конопли (ЛК), отходы станции водоподготовки (ОСВ) и пеностекло (П).

Для улучшение сорбционных свойств выбранных материалов были использованы следующие технологические приёмы:

- пшеничная солома – была измельчена до размера частиц 2-10 мм, и прошла карбонизацию при температуре 80 °С на протяжении 10 минут, для повышения эффективности очистки и уничтожении возможной патогенной микрофлоры;

- скорлупа грецкого ореха - была измельчена до размера частиц 4-6 мм и подвергнута термической обработке (карбонизации) в течении 14-16 минут при температуре 295-300°С;

- отходы станции водоподготовки –обжиг при температуре 600 °С в течении 5 часов для удаления органической части.

Исходные материалы после обработки исследовали на электронном микроскопе. Результаты электронно-микроскопического исследования представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Результаты электронно-микроскопического анализа: а – солома; б – лузга гречихи; в – скорлупа грецкого ореха; г - лузга конопли; д -отходы станции водоподготовки; е – пеностекло

На микрофотографиях видно, что все материалы обладают развитой поверхностью и пористостью, что является предпосылкой для применения их в качестве потенциальных сорбентов.

Исследования сорбционных характеристик, выбранных материалов (моносорбентов) проводились на смешанной пробе поверхностных сточных вод крупного промышленного города – Челябинска, концентрации алюминия и железа в которой приведены в таблице 2.

Таблица 2
Химический состав сорбата для экспериментов, мг/л

Показатель	Al	Fe
Состав сорбата для моносорбентов	2,707	2,624
Состав сорбата для многокомпонентных загрузок	3,101	4,541

Исследования проводились в статических и динамических условиях. Статические условия представлены 3 температурными режимами (-5, 10, 20°С), и различным временем экспозиции. Динамический режим сорбции изучали при температуре 20°С, и скорости фильтрации воды от 0,3 до 15 л/час.

По экспериментальным данным были выбраны материалы для многокомпонентной сорбционной загрузки и разработаны три варианта составов, соотношения компонентов в которых приведено на рисунке 2.

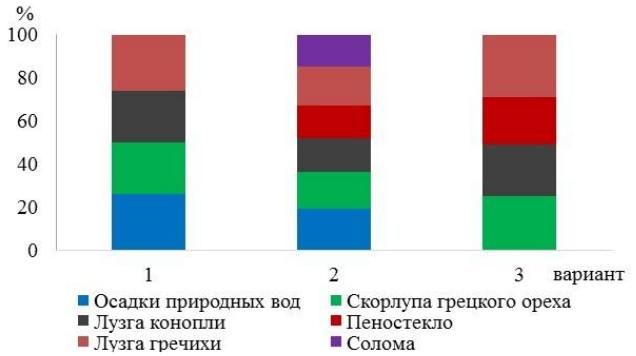


Рисунок 2 – Состав многокомпонентных загрузок, %

Вид материалов и их количество в многокомпонентной загрузке выбраны для обеспечения технологически обоснованной скорости фильтрации и глубокой очистки от поллютантов за счет формирования структуры материала с оптимальной пористостью.

Результаты исследований и их обсуждение

Для анализа степени извлечения алюминия и железа из поверхностного стока по экспериментальным данным были построены кинетические кривые (рисунки 3-4.)

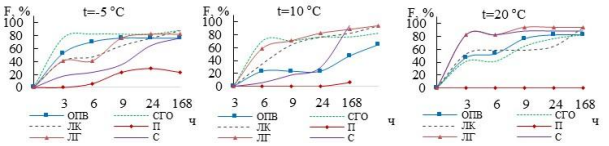


Рисунок 3 – Кинетические кривые степени извлечения Al моносорбентами, %

Из рисунка 3 видно, что алюминий максимально извлекается тремя материалами лузгой конопли, лузгой гречихи и соломой при температурах 10°С с эффективностью до 94%, при 20°С лузга конопли и лузга гречихи обеспечивают степень извлечения 94%, а солома – 88%.

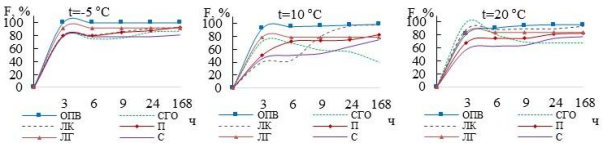


Рисунок 4 – Кинетические кривые степени извлечения Fe моносорбентами, %

Железо наиболее эффективно сорбируется осадком от очистки природных вод (99,9%, при температуре -5 °С, и 99% при +10 °С), лузгой конопли – 97% при температуре +10 °С и пеностеклом – 93% при температуре -5 °С.

При проведении исследований в динамическом режиме поверхностные сточные воды подавались через слой сорбента с заданной скоростью фильтрации от 0,3 до 15 л/час. Температура проведения эксперимента 20 °С. В динамических условиях наиболее эффективно поглощают алюминий из поверхностного стока скорлупа грецкого ореха, лузга конопли и солома. Степень извлечения составляет 99,9%. Сорбцию железа с эффективностью 99,9% обеспечивает загрузка из осадок очистки природных вод. Пеностекло и лузга гречихи извлекают из поверхностного стока 97% железа.

Результаты исследования многокомпонентной сорбционной загрузки в статических условиях представлены на рисунках 5 и 6. Варианты загрузок представлены кинетическими кривыми 1, 2, 3.

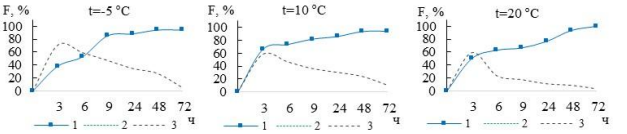


Рисунок 5 – Кинетические кривые степени извлечения алюминия многокомпонентными загрузками, %

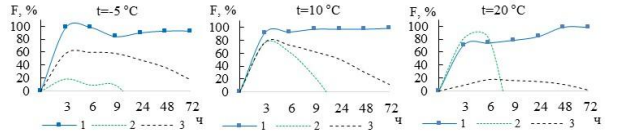


Рисунок 6 – Кинетические кривые степени извлечения железа многокомпонентными загрузками, %

Полученные данные показывают, что наиболее перспективным составом многокомпонентной сорбционной загрузки является вариант 1, так как позволяет достигать степень очистки стоков свыше 99%. Составы 2 и 3 показали степень очистки загрязненного стока 70%.

Исследования, проведенные в динамических условиях, подтвердили, что вариант многокомпонентной загрузки под номером 1 является наиболее эффективным для использования в технологиях очистки поверхностных сточных вод для извлечения алюминия и железа.

Заключение и обсуждение

Наличие тяжёлых металлов в водоемах, в том числе алюминия и железа приводят к негативным экологическим последствиям. Они способны накапливаться в донных отложениях, биомассе растений.

Для предотвращения загрязнения водных объектов используют сорбционные технологии. Снизить затраты позволяет использование в качестве материалов сорбционной фильтрующей загрузки отходов производства: соломы, лузги гречихи (гранулированная), скорлупы грецкого ореха, лузги конопли, отходов станции водоподготовки, пеностекла.

Полученные данные показали наличие потенциальной возможности для эффективного извлечения поллютантов из поверхностных сточных вод исследованными сорбентами.

По результатам проведённых экспериментов, были разработаны три варианта многокомпонентной сорбционной загрузки:

состав под номером 1 – осадки природных вод – 26%, скорлупа грецкого ореха- 24%, лузга конопли – 24%, лузга гречихи (гранулы) – 26%;

состав под номером 2 – осадки природных вод – 19%, скорлупа грецкого ореха – 17%, лузга конопли – 16%, пеностекло – 15%, лузга гречихи (гранулы) – 18%, солома – 15%;

состав под номером 3 – скорлупа грецкого ореха – 25%, лузга конопли – 24%, пеностекло – 22%, лузга гречихи (гранулы) – 29%.

Установлено, что многокомпонентная сорбционная загрузка (состав под номером один), состоящая из осадка природных вод, скорлупы грецкого ореха, лузги конопли и гранулированной лузги гречихи является наиболее эффективной и способна удалять из поверхностного стока свыше 99% алюминия и железа.

Литература

1. Количество экстремальных загрязнений рек и водоемов возросло в полтора раза. https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2024/kol-ekstr-zagr-rek-vozroslo/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения 09.06.2025).

2. Феофанов Ю.А., Мишуков Б.Г. Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 3(71). – С. 49-66. – DOI 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66.

3. Щукин, И.С., Мелехин А.Г. Качественный состав поверхностного стока с территории г. Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2012. – № 4(8). – С. 110-118.

4. Палагин Е.Д., Быкова П.Г., Пахомова У.М. Исследование основных закономерностей в варьировании качественного состава поверхностных сточных вод Г.О. Самара // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2011. – № 2. – С. 80-82. – DOI 10.17673/Vestnik.2011.02.18.

5. Козлов А.В., Машкин А.М., Дедык В.Е., Воронцова А.А., Акафьева Д.В., Соколов И.С., Кондрашин Б.В., Миронова Ю.И., Тарасов И.А. Эколого-гидрохимическое состояние акваторий Оки и Волги в черте городской агломера-

ции Нижнего Новгорода по показателям катионно-анионного состава и содержания тяжелых металлов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 4.
6. Панфилова О.Н. Доочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентами на основе природных материалов: дис. … канд.тех. наук: 2.1.4 / Панфилова Олга Николаевна. - Самара 2023, 144 с.
7. Москвичева Е.В., Войтюк А.А., Доскина Э.П., Игнаткина Д.О., Юрьев Ю.Ю., Щитов Д.В. Совершенствование технологии очистки городских сточных вод с использованием сорбента на основе избыточного активного ила // ИВД. 2015. №2-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-ochistki-gorodskih-stochnyh-vod-s-ispolzovaniem-sorbenta-na-osnove-izbytochnogo-aktivnogo-ila (дата обращения: 11.06.2026).
8. Алюминий в воде: невидимая угроза для здоровья и окружающей среды. https://greenium.ru/14464/ (дата обращения 09.06.2026).
9. Влияние железа на качество воды и здоровье. https://www.cge48.ru/nashi-uslugi/laboratornye-issledovaniya_-ispytaniya_-izmereniya/sanitarno-gigienicheskie-issledovaniya/issledovaniya-vody/vliyanie-zheleza-na-kachestvo-vody-i-zdorove..htm (дата обращения 09.06.2026).

Multi-component loading for wastewater treatment

Samodolova O.A., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M., Denisov S.E., Samodolova K.A.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, South Ural State University, Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The most dangerous pollutants currently contaminating water bodies are heavy metals, the compounds of which have high solubility in water, for example, aluminum and iron. Despite the fact that these metals are widely distributed on the planet (they rank 3rd and 4th in terms of the abundance of elements in the Earth's crust), their high concentrations in wastewater are extremely dangerous for living organisms, as they can accumulate in bottom sediments, become integrated into food chains, and slow down the growth and development of plants. Sorption is an effective method for preventing the entry of heavy metals into water bodies as a result of the discharge of untreated surface wastewater from urbanized areas. The article describes a study devoted to the development of an effective multi-component bed made from materials that are waste products from agricultural production, glass manufacturing, and water treatment: straw, buckwheat husk (granulated), walnut shells, hemp husk, waste from water treatment plants, and foam glass.

Based on these, three formulations of a multicomponent loading were developed, samples were manufactured, and studies of the sorption characteristics were conducted under various conditions. The obtained experimental data made it possible to select the optimal composition of the multicomponent loading, which consists of natural water treatment sludge, walnut shells, hemp husks, and granulated buckwheat husks. The efficiency of treating surface wastewater from aluminum and iron using a multicomponent sorption loading is 99%.

Keywords: aluminum, iron, water body, multicomponent loading, surface wastewater.

References

1. The number of extreme cases of water pollution in rivers and water bodies has increased by 1.5 times. https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2024/kol-ekstr-zagr-rek-vozroslo/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (accessed on 09.06.2025).
2. Feofanov Yu.A., Mishukov B.G. Features of the composition formation of surface wastewater and the choice of treatment facilities // Water and Ecology: Problems and Solutions. – 2017. – No. 3(71). – Pp. 49–66. – DOI 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66.
3. Shchukin, I.S., Melekhin A.G. The qualitative composition of surface runoff from the territory of the city of Perm // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Urbanistics. – 2012. – No. 4(8). – Pp. 110–118.
4. Palagin E.D., Bykova P.G., Pakhomova U.M. Study of the main patterns in the variation of the qualitative composition of surface wastewater in the Samara City District // Vestnik SGASU. Urban Planning and Architecture. – 2011. – No. 2. – pp. 80-82. – DOI 10.17673/Vestnik.2011.02.18.
5. Kozlov A.V., Mashakin A.M., Dedyk V.E., Vorontsova A.A., Akafyeva D.V., Sokolov I.S., Kondrashin B.V., Mironova Yu.I., Tarasov I.A. Ecological and hydrochemical state of the Oka and Volga water areas within the urban agglomeration of Nizhny Novgorod in terms of cationic-anionic composition and heavy metal content // Modern problems of science and education. 2017. № 4.
6. Panfilova O.N. Post-treatment of wastewater from heavy metal ions with sorbents based on natural materials: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 2.1.4 / Olga Nikolaevna Panfilova. - Samara 2023, 144 p.
7. Moskvicheva E.V., Voityuk A.A., Doskina E.P., Ignatkina D.O., Yuryev Yu.Y., Shields D.V. Improving the technology of urban wastewater treatment using a sorbent based on excess activated sludge // IVD. 2015. №2-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-ochistki-gorodskih-stochnyh-vod-s-ispolzovaniem-sorbenta-na-osnove-izbytochnogo-aktivnogo-ila (date of request: 06/11/2026).
8. Aluminum in water: an invisible threat to health and the environment. https://greenium.ru/14464/ (accessed on 09.06.2026).
9. The impact of iron on water quality and health. https://www.cge48.ru/nashi-uslugi/laboratornye-issledovaniya_-ispytaniya_-izmereniya/sanitarno-gigienicheskie-issledovaniya/issledovaniya-vody/vliyanie-zheleza-na-kachestvo-vody-i-zdorove.htm (accessed on 09.06.2026).

Система статистических показателей для оценки влияния высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва - САНКТ-Петербург» на пропускную способность и экономическую эффективность Октябрьской железной дороги

Абрамов Артём Олегович
магистрант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, aoabramov@yandex.ru,

Сапронов Андрей Анатольевич
магистрант, Институт железнодорожного транспорта, Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), AndreyCotic@yandex.ru

В статье предлагается модель оценки логистической и экономической эффективности Октябрьской железной дороги после ввода в эксплуатацию высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Санкт-Петербург». Актуальность статьи объясняется национальными интересами в транспортной отрасли. Заинтересованность государства в этом вопросе подтверждает достаточно большое количество национальных проектов и стратегий развития транспорта. Высокоскоростные железнодорожные магистрали являются одним из таких национальных проектов. При внедрении высокоскоростных железнодорожных магистралей необходимо учитывать и обосновывать технологическую, логистическую и экономическую эффективность их внедрения. Результатом статьи является разработанная методика оценки пропускной способности и экономической эффективности внедрения высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Санкт-Петербург».
Ключевые слова: железнодорожный транспорт, высокоскоростные железнодорожные магистрали, Октябрьская железная дорога, логистика, пропускная способность, экономическая эффективность, анализ данных, предиктивная аналитика, кластерный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Построение высокоскоростных железнодорожных магистралей (далее – ВСМ) является одним из ключевых направлений развития транспортной отрасли Российской Федерации. Так, в 2023 году, Президентом РФ В.В. Путиным был утверждён национальный проект «Развитие высокоскоростных железнодорожных магистралей», который является частью государственной программы РФ «Развитие транспортной системы» [1]. Данная государственная программа утверждена постановлением Правительства РФ от 20.12.2017 №1596. Основной целью строительства и внедрения ВСМ является повышение транспортной доступности территорий страны, модернизация транспортной инфраструктуры и повышение мобильности населения [1].

На сегодняшний день известно о пяти ВСМ, которые планируется построить и ввести в эксплуатацию в течение ближайших 10 лет:

1. ВСМ-1: Москва — Санкт-Петербург, длина — 679 километров, время в пути — 2 часа 15 минут.

2. ВСМ-2: Москва — Нижний Новгород — Казань — Екатеринбург, длина — 1 532 километра, время в пути — 6 часов 36 минут.

3. ВСМ-3: Москва — Воронеж — Ростов-на-Дону — Адлер, длина — 1 540 километров, время в пути — 7 часов 50 минут.

4. ВСМ-4: Москва — Минск, длина — 715 километров, время в пути — 3 часа.

5. ВСМ-5: Москва — Рязань, длина — 205 километров, время в пути — 65 минут.

При проектировании и внедрении высокоскоростных железнодорожных магистралей следует уделить особое внимание технологической, логистической и экономической эффективности таких магистралей в рамках всего жизненного цикла, что и будет рассмотрено далее.

В данной работе будет представлена такая комплексная оценка на примере сравнительного анализа эффективности внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург».

ВНЕДРЕНИЕ ВСМ «МОСКВА — САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»

ВСМ «Москва – Санкт-Петербург» - железнодорожная магистраль, предназначенная для движения высокоскоростных поездов между Москвой и Санкт-Петербургом – крупнейшими городами Российской Федерации. Открытие пассажирского движения по магистрали ожидается в 2028 году. Согласно проектной документации [2], длина железной дороги будет составлять 679 км, ширина колеи - 1520 мм. Электрификация дороги предусматривается на переменном токе частотой 50 Гц и напряжением 25 кВ. Планируется, что подвижные составы будут двигаться с максимальной скоростью 400 км/ч, а расчётной эксплуатационной - 360 км/ч. В пределах пригородных зон предусматривается скорость до 200 км/ч.

Строительство ВСМ разделено на семь участков. В 2025 году Главгосэкспертиза одобрила и выдала разрешение на строительство шестого и седьмого участка ВСМ. Этот участок от Зеленограда до Твери возможно станет тестовым полигоном для испытаний высокоскоростного поезда и, возможно, станет первым построенным участком ВСМ.

Реализация проекта запланирована по схеме государственно-частного партнёрства на основе контракта жизненного цикла: государство оплачивает сервис с момента запуска проекта в эксплуатацию и производит выплаты по контракту ежегодно в течение всего жизненного цикла объекта при обязательном выполнении измеряемых функциональных критериев (таких, как время в пути, доступность магистрали, количество опозданий, количество сбоев, аварий). В свою очередь, государство гарантирует подрядчику, что в случае предоставления сервиса оплата будет производиться регулярно.

Предполагается, что социально-экономические выгоды от ВСМ более чем вдвое превысят затраты, необходимые на его реализацию. Кроме того, предполагается, что проект значительно повысит инвестиционную привлекательность районов, прилегающих к магистрали, а также обеспечит сокращение времени в пути и снижение смертности на автотранспорте, улучшит транспортную доступность регионов и мобильность населения, создаст новые рабочие места. Помимо этого, строительство ВСМ может создать возможность для возвращения грузовых перевозок на главный ход Октябрьской железной дороги, что уменьшит издержки этих перевозок.

ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА/ПОЛИГОНА

В предыдущих работах и исследованиях было предположено, что новая магистраль обеспечит прямые эффекты: 70-процентный прирост провозной и пропускной способности железнодорожной сети между Москвой и Санкт-Петербургом, замещение высокоскоростным траффиком до 80% общего пассажиропотока

между двумя крупнейшими мегаполисами страны (разгрузка авиационного транспорта). Запуск движения высокоскоростных поездов на созданной инфраструктуре приведет к сокращению времени в пути следования пассажиров и (или) багажа до 2 часов 15 минут, обеспечит увеличение пассажиропотока по маршруту «Москва - Санкт-Петербург» до: 22,98 млн. пассажиров в 2030 году; 28,02 млн. пассажиров – в 2040 году и 32,65 и 36,42 млн. пассажиров в год – соответственно к 2050 и 2060 годам. С 2024 года по первый квартал 2028 года запланирована фаза проектирования и строительства инфраструктуры, включая приобретение подвижного состава. Со второго квартала 2028 года проект перейдет к фазе эксплуатации инфраструктуры. Один из главных вопросов, который решает ВСМ, это рост производительности труда (за счет агломерационного сближения населенных пунктов). При удвоении численности населения в ареале пролегания ВСМ прирост производительности труда ожидаемо составит 5% [3].

Еще один прямой экономический эффект – прирост производственной базы и, как следствие, налогооблагаемой базы. Прирост выпуска промышленной продукции на каждый рубль инвестиций оценивается в 1,5 рубля на каждый рубль инвестиций в проект [4].

Суммарный прирост бюджетных доходов за счет всех экономических эффектов, оцененный по методике [5], составит 2,7 трлн. рублей (за период строительства и первый 20 лет после ввода в эксплуатацию, в прогнозных ценах соответствующих лет) [6, 7]. Суммарный прирост ВВП при учете всех видов эффектов ВСМ составит 10,5 трлн. рублей (также за период строительства и первый 20 лет после ввода в эксплуатацию, в прогнозных ценах соответствующих лет) [3, 6, 7].

Реализация любого проекта строительства транспортной магистрали обеспечивает ускорение экономических процессов, рост социального благополучия граждан. Благодаря реализации проекта ВСЖМ-1, временное расстояние между Москвой и Тверью сократится до 36 минут, а между двумя конечными пунктами – до 2 часов 15 минут. Объем финансирования в 2,349 трлн. рублей на 75% покрывают негосударственные источники, а государственные бюджетные инвестиции окупаются, что усиливает привлекательность и финансовую реализуемость проекта. При этом 53% от суммы финансирования приходится на кредитные источники (предполагающие возвратность), а 14% – на вклады в уставный капитал со стороны перевозчика (РЖД), грузоотправителей и бюджетов регионов выделяется 14% от общего финансирования. Запуск движения высокоскоростных поездов по маршруту «Москва - Санкт-Петербург» обеспечит ежегодный пассажиропоток 22,98 млн. пассажиров в 2030 году, 36,42 млн. пассажиров к 2060 году [3].

Будут получены экономические эффекты ВСЖМ-1: при удвоении численности населения в ареале пролегания ВСМ прирост производительности труда составит 5%; экономический эффект также обусловлен приростом производственной и, как следствие, налогооблагаемой базы. Эффект увеличения выпуска промышленной продукции составит 1,5 рубля на каждый рубль инвестиций. Совокупный прирост бюджетных доходов за счет всех экономических эффектов, составит 2,7 трлн. рублей, а суммарный прирост ВВП при учете всех видов эффектов ВСМ составит 10,5 трлн. Рублей [3].

В данной работе предлагается методика для комплексной оценки эффективности Октябрьской железной дороги после внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург», основанная на принципах предиктивной аналитики. В качестве основного метода выбран кластерный анализ. Выбор кластерного анализа как основного метода продиктован потребностью в комплексной оценке эффективности Октябрьской железной дороги после запуска ВСМ «Москва – Санкт-Петербург». Этот подход позволяет перейти от разрозненных показателей к группировке объектов, временных отрезков или направлений по сходным признакам, что формирует интегральное представление о происходящих изменениях. Помимо этого, кластерный анализ органично согласуется с принципами предиктивной аналитики, так как даёт возможность обнаруживать неявные закономерности и типовые сценарии, служащие основой для прогнозирования. Следовательно, его применение создаёт условия для многомерной и прогнозно-ориентированной оценки результативности работы Октябрьской железной дороги в изменившихся условиях. В качестве исходных данных будут представлены ключевые показатели для оценки эксплуатационной эффективности [8] Октябрьской железной дороги за предыдущие 3 года, взятые из отчётов ОАО «РЖД» [9]. Поскольку внедрение ВСМ – событие из будущего, данные за 3 года после предполагаемого внедрения ВСМ, взятые на основе проектной документации ВСМ «Москва – Санкт-Петербург» [2], являются прогнозными. В целях устранения избыточности, показатели, характеризующие эксплуатационную эффективность Октябрьской железной дороги за 2026-2028 годы предлагается считать детерминированными на уровне 2025 года.

На основе [8] представим показатели, характеризующие комплексную эксплуатационную эффективность Октябрьской железной дороги за 2023 – 2031 годы (табл.1).

АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Кластерный анализ представляет собой метод многомерной статистики, предназначенный для разбиения большого числа объектов, характеризующихся многомерными признаками, на однородные группы – кластеры таким образом, чтобы элементы внутри одной группы были как можно более схожими, а между группами – наиболее различающимися [10]. Среди основных подходов выделяют иерархические (агломеративные и дивизионные), неиерархические (k-means, k-medoids), плотностные (DBSCAN) и модельные алгоритмы. Целью кластерного анализа является исследование внутренней структуры изучаемой системы n объектов, каждый из которых характеризуется m-мерным вектором признаков, «сжатие» этой системы без существенной потери информации путем выявления классов сходных между собой объектов [10]. Процесс обычно включает выбор признаков, нормализацию данных, определение метрики расстояния, применение алгоритма, выбор числа кластеров и интерпретацию полученных результатов. К достоинствам относят возможность работы без размеченных данных и выявление типовых групп и сценариев, к ограничениям - чувствительность к масштабу, выбросам и выбору метрики, а также потребность в содержательной интерпретации кластеров. Метод находит применение в маркетинге, социологии, экономике, биологии, анализе транспортных систем и предиктивной аналитике.

Табл.1

Основные показатели, характеризующие комплексную эксплуатационную эффективность Октябрьской железной дороги за 2023 – 2031 годы с учётом внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург» в 2028 году

Показатель модели	2023	2024	2025	2026	2027	2028 (запланировано открытие ВСМ «Москва – Санкт-Петербург»	2029	2030	2031
Погрузка, млн т	101,9	101,6	101,8	101,8	101,8	101,8	105	108,5	111
Тарифный грузооборот, млрд т-км	183,4	177,9	172,5	172,5	172,5	172,5	180	189	194
Отправлено пассажиров пригородными поездами, млн	152,4	175,8	184,5	184,5	184,5	184,5	192,5	197,5	202,5
Отправлено пассажиров поездами дальнего следования, млн	20,3	21,4	22,3	22,3	22,3	22,3	13	11	11
Пассажирооборот, млрд пасс-км	20,7	22,1	23,0	23,0	23,0	23,0	18,5	19	20
Доля ж/д в грузоперевозках СЗФО	75%	75%	75%	75%	75%	75%	76,5%	79%	80%
Доля ж/д в пассажироперевозках СЗФО	40%	40%	40%	40%	40%	40%	43,5%	46,5%	49%
Выручка РЖД (консолид.), млрд руб.	2601	2834	3103	3103	3103	3103	3450	3700	3900
Чистая прибыль РЖД (РСБУ), млрд руб.	170,1	13,9	14,0	14,0	14,0	14,0	20	27,5	32,5

В данной работе показатели группируются в рамках изучаемого года, кластеры включают в себя года, в которые происходили статистически схожие процессы.

Перед проведением кластерного анализа по данным из табл. 1, был осуществлён описательный анализ в ПО «STATISTICA» [11]. Сначала были проанализированы основные характеристики показателей (табл. 2).

табл. 2

Основные характеристики показателей, полученные в ПО «STATISTICA»

Проведённый анализ описательных статистик по показателям Октябрьской железной дороги за период 2023-2031 гг. позволил установить ряд устойчивых закономерностей, значимых для последующей кластеризации.

Рассматриваемый год	Среднее	Медиана	Мода	Частота мод	Коэффициент вариации	Асимметрия	Стандартная ошибка асимметрии	Эксцесс	Стандартная ошибка эксцесса
2023	361,2167	101,9	Multiple	1	0,4	2,955302	0,717137	8,8	1,3997
2024	371,9833	22,1	Multiple	1	0,4	2,965903	0,717137	8,845	1,3997
2025	402,4722	23	Multiple	1	0,4	2,971138	0,717137	8,869	1,3997
2026	402,4722	23	Multiple	1	0,4	2,971138	0,717137	8,869	1,3997
2027	402,4722	23	Multiple	1	0,4	2,971138	0,717137	8,869	1,3997
2028	372,3250	62	Multiple	1	0,4	3,132094	0,687043	9,858	1,3342
2029	442,2444	20	Multiple	1	0,435	2,974151	0,717137	8,883	1,3997
2030	472,6394	27,5	Multiple	1	0,465	2,975995	0,717137	8,891	1,3997
2031	496,9211	32,5	Multiple	1	0,49	2,977434	0,717137	8,898	1,3997

Во-первых, зафиксирована крайне высокая неоднородность показателей внутри каждого года: коэффициент вариации (CV) превышает 233 % на всём рассматриваемом интервале и достигает 257,32 % в 2031 г. Данный факт обусловлен не временной волатильностью, а различием единиц измерения и масштабов анализируемых признаков - от долей (0,4-0,8) до выручки (2601-3900 млрд руб.). Следовательно, исходные данные не могут быть использованы в кластерном анализе без предварительной стандартизации или иного масштабирования.

Во-вторых, распределения показателей характеризуются устойчивой правосторонней асимметрией (коэффициент асимметрии находится в диапазоне 2,955-3,132) и высоким положительным эксцессом (8,80-9,86). Стандартные ошибки асимметрии и эксцесса подтверждают статистическую значимость отклонений от нормального распределения. Это указывает на наличие «тяжёлых хвостов», формируемых крупными финансовыми показателями (выручка, чистая прибыль), и требует применения робастных методов оценки либо предварительного преобразования признаков.

В-третьих, медианные значения существенно ниже средних арифметических на протяжении всего периода, что подтверждает влияние выбросов на меры центральной тенденции. Мода во всех случаях принимает значение «Multiple» с частотой 1, что свидетельствует об отсутствии повторяющихся значений среди анализируемых показателей и делает данный показатель неинформативным для интерпретации.

В-четвёртых, начиная с 2028 г. - года планируемого открытия ВСМ «Москва - Санкт-Петербург» - прослеживаются структурные сдвиги в описательных статистиках: средние значения возрастают с 372,33 в 2028 г. до 496,92 в 2031 г., коэффициент вариации увеличивается, а медиана после снижения в 2029 г. (20,0) восстанавливается к 2031 г. (32,5). Данная динамика отражает разнонаправленные изменения: сокращение объёмов дальнего следования и одновременный рост пригородных перевозок, погрузки, выручки и доли железнодорожного транспорта в Северо-Западном федеральном округе.

Отдельного внимания заслуживает 2028 г., для которого число наблюдений (N = 10) отличается от остальных лет (N = 9). Это приводит к смещению оценок медианы и среднего и требует верификации исходных данных с целью исключения технической ошибки или приведения выборки к сопоставимому виду.

Таким образом, результаты описательной статистики обосновывают необходимость предварительной стандартизации данных, учёта выбросов и использования устойчивых метрик расстояния при проведении кластерного анализа. Для получения интерпретируемых и устойчивых результатов целесообразно применять иерархическую кластеризацию (метод Варда) с манхэттенским (City-block) расстоянием.

После проведения и интерпретации результатов описательный статистики был выполнен кластерный анализ, проведённый по предварительно стандартизированным данным в ПО «STATISTICA» [11]. Результаты представлены на Рисунке 1.

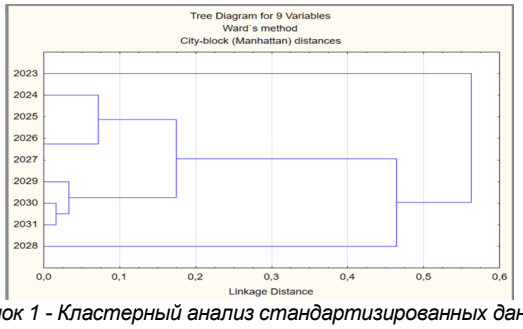


Рисунок 1 - Кластерный анализ стандартизированных данных

С целью выявления структурных сдвигов в эффективности Октябрьской железной дороги после внедрения ВСМ «Москва - Санкт-Петербург» была проведена иерархическая кластеризация девяти показателей модели за период 2023-2031 гг. Результаты представлены в виде дендрограммы (Tree Diagram). Анализ дендрограммы позволяет выделить четыре устойчивых кластера, соответствующих качественно различным состояниям моделируемой системы:

Кластер 1: {2023} - изолированный базовый год. На дендрограмме 2023 г. отделяется на максимальном расстоянии связи (около 0,57), что свидетельствует о его существенном отличии от всех последующих периодов. Согласно исходным данным, в 2023 г. наблюдается аномально высокая чистая прибыль РЖД (170,1 млрд руб.) на фоне относительно низкой выручки (2601 млрд руб.) и меньших объёмов пригородных перевозок (152,4 млн пассажиров). Это формирует уникальный профиль, не повторяющийся в других годах.

Кластер 2: {2028} - изолированный год запуска ВСМ. Год 2028, обозначенный как год планируемого открытия ВСМ, также выделяется в отдельный кластер на расстоянии около 0,46. Несмотря на то, что по большинству показателей значения 2028 г. совпадают с 2025-2027 гг. (погрузка 101,8; выручка 3103; чистая прибыль 14), алгоритм кластеризации изолирует его. Это может быть обусловлено как технической особенностью выборки (N=10 вместо 9, выявленной в описательной статистике), так и его ролью «точки разрыва» - переходного состояния между стабильным предкризисным периодом и пост-ВСМ реальностью. Наиболее объективной причиной такой ситуации являются издержки модели, описанные при составлении перечня статистических показателей.

Кластер 3: {2024, 2025, 2026, 2027} - период стабильного функционирования до внедрения ВСМ. Данный кластер объединяет годы, предшествующие запуску ВСМ. Внутри него наблюдается высокая гомогенность: 2025, 2026 и 2027 гг. имеют полностью идентичные значения по всем девяти показателям, что приводит к их объединению на минимальном расстоянии. Год 2024 присоединяется к ним на чуть большем расстоянии (около 0,09), что связано с переходным характером показателей (например, резкое падение чистой прибыли с 170,1 до 13,9 млрд руб. по сравнению с 2023 г.). В целом кластер характеризуется стабильными, но относительно низкими темпами роста: выручка удерживается на уровне 3103 млрд руб., пассажиропоток дальнего следования - 22,3 млн человек.

Кластер 4: {2029, 2030, 2031} - период после внедрения ВСМ. Данный кластер формируется на расстоянии около 0,19 и объединяет годы, следующие за запуском ВСМ. Внутри кластера 2030 и 2031 гг. объединяются в первую очередь, а 2029 г. присоединяется к ним на расстоянии около 0,04. Кластер отражает структурный сдвиг в показателях: резкое сокращение перевозок дальнего следования (с 22,3 до 13, 11 и 11 млн пассажиров соответственно), падение пассажирооборота (до 18,5-20 млрд пасс-км) при одновременном росте пригородных перевозок (до 192,5-202,5 млн), погрузки (до 105-111 млн т), тарифного грузооборота (до 180-194 млрд т-км), выручки (до 3450-3900 млрд руб.) и чистой прибыли (до 20-32,5 млрд руб.). Доля железной дороги в грузоперевозках СЗФО возрастает до 0,8, в пассажироперевозках - до 0,49.

Проведённая кластеризация подтверждает гипотезу о наличии структурного разрыва в динамике показателей Октябрьской железной дороги, связанного с внедрением ВСМ «Москва - Санкт-Петербург». Дендрограмма отчётливо демонстрирует, что 2028 г. выступает точкой бифуркации: он не относится ни к стабильному предшествующему периоду (2024-2027), ни к новому пост-ВСМ состоянию (2029-2031). Год 2023, в свою очередь, представляет собой историческую аномалию, обусловленную разовыми факторами, и не может рассматриваться как база для сравнения.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поскольку данные за 2026-2031 являются прогнозными, результаты проведённого моделирования нельзя принимать за абсолютную истину, однако они способны спрогнозировать общую тенденцию функционирования Октябрьской железной дороги после внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург», соответственно, результаты данного исследования могут учитываться на стадии типового проектирования, на которой находится ВСМ в данный момент времени. Одновременно, данная модель позволит однозначно и точно оценить эффективность внедрения ВСМ в будущем, когда будут представлены реальные данные за 2026-2031 годы.

Результаты проведённого анализа определяют вектор последующих научных изысканий, которые могут быть реализованы в нескольких направлениях.

Во-первых, обоснованное сокращение размерности исходного пространства признаков открывает возможность для построения факторных моделей. Применение методов главных компонент или факторного анализа позволит сформировать интегральные индексы, агрегирующие информацию по выделенным кластерам: эксплуатационно-технологическую эффективность, логистическую результативность, экономическую отдачу и рыночную устойчивость Октябрьской железной дороги. Такие индексы станут основой для перехода от разрозненных показателей к комплексной оценке влияния ВСМ.

Во-вторых, целесообразно проведение типологизации отдельных участков и направлений Октябрьской железной дороги на основе отобранных репрезентативных переменных либо полученных факторных оценок. Кластеризация объектов исследования позволит выделить устойчивые группы участков, характеризующихся сходной структурой грузо- и пассажиропотоков и близкими траекториями эксплуатационной динамики. Это даст возможность идентифицировать участки-лидеры, проблемные зоны и территории опережающего развития для последующей дифференциации управленческих решений.

В-третьих, необходима количественная оценка влияния структурных характеристик железнодорожной сети на ключевые макроэкономические индикаторы. Использование эконометрических методов позволит определить вклад различных компонентов - прежде всего качественных параметров перевозочного процесса, включая скорость сообщения, регулярность

движения и мультимодальную синхронизацию, в динамику выручки, чистой прибыли и бюджетных поступлений. Это даст ответ на вопрос о приоритетных направлениях регулирования работы дороги с точки зрения их воздействия на социально-экономическое развитие регионов.

В-четвёртых, выделение 2028 года как точки бифуркации указывает на необходимость углублённого изучения переходных процессов. Перспективными представляются исследования, направленные на выявление масштабов, форм и экономической роли подготовительного периода, а также разработка методических подходов к корректному статистическому учёту эффектов, возникающих непосредственно в момент запуска ВСМ и в первые годы её эксплуатации.

В-пятых, прикладной аспект дальнейших исследований связан с разработкой на основе выявленных закономерностей адресных рекомендаций для органов государственного и регионального управления. Это могут быть предложения по совершенствованию тарифной политики, стимулированию пригородных перевозок, поддержке мультимодальных логистических схем, а также по интеграции высокоскоростного сообщения в существующую транспортную сеть Северо-Западного федерального округа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполненного исследования разработана и эмпирически апробирована система статистических показателей, предназначенная для оценки влияния высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва - Санкт-Петербург» на пропускную способность и экономическую эффективность Октябрьской железной дороги.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

Российская железнодорожная система в зоне влияния ВСМ характеризуется крайней степенью неоднородности: разрыв между отдельными показателями по масштабу и единицам измерения значителен, что подтверждается коэффициентом вариации, превышающим 233 % на всём рассматриваемом интервале.

Кластерный анализ, проведённый методом Варда с использованием манхэттенского расстояния, выявил устойчивую внутреннюю структуру системы показателей, объединив годы наблюдений в четыре содержательных кластера: изолированный базовый 2023 год, изолированный год запуска ВСМ (2028), период стабильного функционирования до внедрения ВСМ (2024-2027) и период после внедрения ВСМ (2029-2031).

Выделение 2028 года в отдельный кластер представляет особый интерес, свидетельствуя о его роли точки бифуркации - переходного состояния между стабильным предшествующим периодом и новой пост-ВСМ реальностью. Это подтверждает гипотезу о наличии структурного разрыва в динамике показателей Октябрьской железной дороги, связанного с внедрением высокоскоростной магистрали.

Таким образом, подтверждена многомерность и сложность объекта исследования. Предложенная система показателей и полученные результаты создают методологическую основу для углублённого анализа, включая построение факторных моделей, типологизацию участков дороги и эконометрическое моделирование причинно-следственных связей. Разработанный инструментарий может найти применение в деятельности органов государственного управления при формировании стратегий развития транспортной инфраструктуры, а также в аналитической работе научных и исследовательских организаций, занимающихся проблемами пространственной экономики и развития высокоскоростного сообщения.

Результаты сравнительного анализа весьма сильно коррелируют с прогнозами эффективности внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург» [3], и, тем самым, подтверждают гипотезы исследователей и проектировщиков ВСМ. Это доказывает эффективность и экономическую целесообразность внедрения ВСМ «Москва – Санкт-Петербург». ВСМ способна улучшить благосостояние населения Российской Федерации в долгосрочной перспективе, вместе с этим, магистраль также принесёт прибыль и поспособствует дальнейшему развитию ОАО «РЖД».

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 20 декабря 2017 г. N 1596 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие транспортной системы" (с изменениями и дополнениями).
2. Распоряжение Правительства РФ от 5 июня 2024 г. № 1397-р “О строительстве высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург”
3. Гулый, И. М. Социально-экономические эффекты реализации проекта строительства высокоскоростной магистрали ВСЖМ-1 Москва - Санкт-Петербург / И. М. Гулый // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 12. – С. 8353-8362. – DOI 10.18334/epp.14.12.122516. – EDN EPHDBU.
4. Транспортная неделя 2024: материалы форума. Transweek.digital. [Электронный ресурс]. URL: https://2024.transweek.digital (дата обращения: 25.12.2024).
5. Об утверждении методики оценки социально-экономических эффектов от проектов строительства (реконструкции) и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, планируемых к реализации с привлечением средств федерального бюджета, а также с предоставлением государственных гарантий российской федерации и налоговых льгот: постановление Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 1512. Economy.gov.ru. [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru (дата обращения: 25.12.2024)
6. Косой В.В., Корень А.В. Высокоскоростные магистрали и авиация: синергетический эффект взаимодействия // Транспорт Российской Федерации. - 2015. - № 2(57). - с. 11-14. EDN: TWPGYD
7. Косой В.В. России нужны высокоскоростные магистрали // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. - 2016. - № 5. - с. 16-20. EDN: WZJSSR
8. ГОСТ 33886-2016 "Железнодорожный путь. Номенклатура показателей надежности и функциональной безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2016 г. N 1228-ст)
9. Отчётность ОАО «РЖД»: https://company.rzd.ru/ru/9471
10. Презентация К.э.н., доцент Паршинцева Л.С. «Кластерный анализ»
11. Программные статистические комплексы: учебное пособие / С. В. Ходыревская; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2020. – 164 с. – Библиогр.: с. 150–153.

A system of statistical indicators for assessing the impact of the high-speed railway line “Moscow – Saint Petersburg” on the capacity and economic efficiency of the oktyabrskaya railway

Abramov A.O., Sapronov A.A.

Plekhanov Russian University of Economics, Russian University of Transport (RUT (MIIT))

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article proposes a model for assessing the logistical and economic efficiency of the Oktyabrskaya Railway after the commissioning of the Moscow–Saint Petersburg high-speed railway line. The relevance of the article is explained by the state’s interests in the transport sector. The state’s interest in this issue is confirmed by the fairly large number of national projects and transport development strategies. High-speed railway lines are one of such national projects. When implementing high-speed railway lines, it is necessary to take into account and substantiate the technological, logistical, and economic efficiency of their implementation. The article presents a developed methodology for assessing the throughput capacity and economic efficiency of implementing the Moscow–Saint Petersburg high-speed railway line.

Keywords: railway transport, high-speed railways, Oktyabrskaya Railway, logistics, throughput capacity, economic efficiency, data analysis, predictive analytics, cluster analysis.

References

1. Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 20, 2017, No. 1596 “On the Approval of the State Program of the Russian Federation ‘Development of the Transport System’” (with amendments and additions).
2. Order of the Government of the Russian Federation dated June 5, 2024, No. 1397-r “On the Construction of the Moscow–Saint Petersburg High-Speed Railway”
3. Guly, I. M. Socio-economic effects of implementing the project to build the Moscow–Saint Petersburg high-speed railway VZhM-1 / I. M. Guly // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2024. – Vol. 14, No. 12. – Pp. 8353–8362. – DOI 10.18334/epp.14.12.122516. – EDN EPHDBU.
4. Transport Week 2024: forum materials. Transweek.digital. [electronic resource]. URL: https://2024.transweek.digital (accessed: 25.12.2024).
5. On the approval of the methodology for assessing the socio-economic effects of construction (reconstruction) and operation projects for transport infrastructure facilities planned for implementation with the involvement of federal budget funds, as well as with the provision of state guarantees of the Russian Federation and tax incentives: Resolution No. 1512 of the Government of the Russian Federation dated November 26, 2019. Economy.gov.ru. [Electronic resource]. URL: https://www.economy.gov.ru (accessed: December 25, 2024)
6. Kosoy V.V., Koren A.V. High-speed railways and aviation: the synergistic effect of interaction // Transport of the Russian Federation. – 2015. – No. 2(57). – pp. 11–14. EDN: TWPGYD
7. Kosoy V.V. Russia needs high-speed railways // Transport of the Russian Federation. A journal about science, practice, and economics. - 2016. - № 5. - с. 16-20. EDN: WZJSSR
8. GOST 33886-2016 “Railway track. Nomenclature of reliability and functional safety indicators” (entered into force by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 27, 2016, No. 1228-st)
9. Reporting of JSC “RZD”: https://company.rzd.ru/ru/9471
10. Presentation by L. S. Parshintseva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, “Cluster Analysis”
11. Software statistical complexes: a textbook / S. V. Khodyrevskaya; Southwest State University. – Kursk, 2020. – 164 p. – Bibliography: pp. 150–153.

Эмпирическая оценка экономических барьеров цифрового обучения

Свистунов Юрий Андреевич
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, svistunovyuri99@gmail.com

Настоящая статья представляет результаты эмпирического исследования экономических барьеров цифрового обучения, выполненного на двух независимых наборах данных. На макроуровне использовалась панель данных Eurostat, был рассчитан агрегированный индекс экономических барьеров и оценена пороговая регрессионная модель зависимости вовлеченности в цифровое обучение от затрат на услуги связи домохозяйством. На микроуровне построена модель прогнозирования завершения онлайн-курса и выделены предикторы по их вкладу; модель построена на данных платформы Kaggle. По результатам было доказано, что снижение агрегированных барьеров сопровождается устойчивой межрегиональной дифференциацией внутри Европейского Союза, выявлен статистически значимый порог доли расходов на услуги связи, после которого рост номинального доступа к интернету перестает трансформироваться в рост фактического охвата обучения. На микроуровне ценовая категория курса оказывается вторым по значимости предиктором завершения курса после регулярности занятий, а переход от бесплатного к платному обучению снижает вероятность завершения курса почти в два раза.
Дополнительно были обнаружены пороговые эффекты в отдаче накопленного времени обучения и уровня цифровой грамотности. Полученные результаты дают эмпирическое подтверждение теоретической классификации экономических барьеров цифрового обучения и указывают на необходимость раздельного анализа барьера стоимости обучения и барьера физической доступности инфраструктуры.
Ключевые слова: цифровое обучение, экономические барьеры, цифровое неравенство, индекс экономических барьеров, вероятность завершения курса.

Введение

Рассматриваемая проблема экономических барьеров цифрового обучения стремительно вышла из области теоретического обсуждения, формальный доступ к сети в настоящее время есть почти повсеместно, но сам по себе он не гарантирует ни участия в цифровом обучении, ни доведения начатого обучения до конца. Несмотря на то, что зона экономических издержек – стоимость трафика, технических устройств и цены самого обучения – достаточно подробно описана на уровне классификаций и топологий, именно эта зона остается наименее изученной эмпирически.

Настоящее исследование ставит перед собой две задачи. Во-первых, оценить агрегированное влияние экономических барьеров на макроуровне. Во-вторых, установить, какой вклад носит ценовой фактор в вероятность завершения онлайн-курса. Для исследования использовались панельные данные Eurostat по странам Европейского союза и данные с платформы Kaggle. Выбранное двухуровневое построение обусловлено тем, что макроуровень формализует инфраструктурные проблемы и цифровое неравенство, тогда как микроуровень детализирует финансово-экономические барьеры конкретных домохозяйств и отдельного обучающегося. Основным методологическим вкладом работы является указанное совмещение двух уровней анализа, так как индивидуальные данные не позволяют судить о структурных, региональных различиях, а агрегированные показатели маскируют индивидуальную вариацию. Выбранный подход позволяет проверить согласованность результатов, полученных принципиально разными способами и на разных наблюдаемых данных.

1. Ход исследования и источники данных

Исследование опирается на два независимых, но содержательно связанных массива данных. Для выполнения анализа на макроуровне использовались панельные данные Eurostat по странам Европейского союза и была построена модель пороговой регрессии, с помощью которой проверялась гипотеза о нелинейном характере влияния стоимости доступа к высокоскоростному интернету на охват населения цифровым обучением.

Для агрегированной характеристики экономических барьеров на макроуровне рассчитывается индекс экономических барьеров, который представляет собой среднее трех нормированных по методу mn-max компонентов:

$$BEI = \left(\frac{1}{3}\right) \times \left[\left(\frac{CostBarrier-\min}{max-\min}\right) + \left(\frac{NoDevice-\min}{max-\min}\right) + \left(\frac{LowSkill-\min}{max-\min}\right)\right],$$

Где CostBarrier – доля домохозяйств региона в период времени, не имеющих доступа к сети по причине его стоимости, NoDevice – доля домохозяйств без компьютера, LowSkill – доля населения с отсутствием базовых цифровых навыков; первый компонент фиксирует барьер стоимости, второй – барьер физического доступа, третий – барьер компетенций.

При помощи модели пороговой регрессии панельных данных отдельно проверяется влияние стоимости интернета на охват цифровым обучением:

$$y_{rt} = \mu_r + \beta_1 \times x_{rt} \times I(q_{rt} \le \gamma) + \beta_2 \times x_{rt} \times I(q_{rt} > \gamma) + \varepsilon_{rt},$$

Где y_{rt} – охват цифровым обучением (доля населения регионаа r в период t, прошедшая хотя бы один онлайн-курс), x_{rt} – доступ к интернету в процентах, q_{rt}- доля дохода домохозяйств, расходуемая на услуги связи, μ_r- региональный фиксированный эффект, γ- оцениваемое пороговое значение доли дохода. Индикаторные функции I( ) используются для разделения выборки на два режима, в «допороговом» режиме связь и охват предположительно эластичны один относительно другого, то есть рост доступа сопровождается пропорциональным ростом охвата. В «запороговом» режиме рост номинального доступа перестает транслироваться в рост фактического охвата так как становится экономически обременительным для домохозяйств.

Предложенное построение модели принципиально для интерпретации результатов, пороговая регрессия не просто фиксирует наличие нелинейности, а позволяет определить конкретное пороговое значение доли дохода, после которого меняется знак или сила зависимости.

2. Динамика индекса барьеров и пороговый эффект стоимости связи

Расчет индекса BEI по группам стран Европейского союза за период 2020-2024г. показывает устойчивое сокращение агрегированного уровня экономических барьеров во всех выделенных группах, но необходимо отметить, что выраженная региональная дифференциации сохраняется (таб.1)

Из чего можем сформулировать два содержательных вывода. Во-первых, ранжирование стран по уровню барьеров остается неизменным на протяжении всего периода наблюдения: Северная Европа сохраняет наименьшее значение индекса, Восточная – наибольшее, что говорит нам об устойчивости, а не о случайном характере межрегионального разрыва: перед нами структурная особенность, воспроизводящаяся ежегодно. Во-вторых, абсолютное изменение барьеров тем больше, чем выше их исходный уровень, Восточная

Европа показывает снижение на -0.1 п.п., тогда как Северная Европа, находившаяся у нижней границы, показывает сокращение всего на -0.03 п.п. Подобная динамика согласуется с гипотезой убывающей предельной отдачи от снижения барьеров – чем ниже исходный уровень барьера, тем сложнее дается его дальнейшее сокращение. Однако, данная динамика не позволяет заключить, что межрегиональная конвергенция окончательно завершена, так как в относительном выражении разрыв между Северной и Восточной Европой сократился незначительно – абсолютные значения снижаются параллельно, а не сходятся к общему значению.

Таблица 1
Индекс экономических барьеров цифрового обучения

Группа стран	BEI, 2020	BEI, 2024	Изменение, п.п.
Северная Европа	0.21	0.18	-0.03
Западная Европа	0.34	0.29	-0.05
Южная Европа	0.48	0.41	-0.07
Восточная Европа	0.62	0.52	-0.1
EU27, в среднем	0.43	0.36	-0.07

3. Факторы завершения онлайн-курса

Анализ микроуровня опирается на массив данных с платформы Kaggle и решает задачу прогнозирования завершения онлайн-курса. Для данной задачи использовался метод градиентного бустинга, что позволило ранжировать предикторы завершения курса по их относительному вкладу в качество прогноза. LightGBM это метод градиентной бустинговой сборки, который основан на деревьях решений. Как и в случае с другими методами, основанными на деревьях решений, LightGBM можно использовать и для классификации, и для регрессии. LightGBM создает деревья решений, которые растут по листам, что означает, что при заданном условии разделяется только один лист, в зависимости от усиления. Деревья с большим числом листьев иногда могут переобучаться, особенно с небольшими наборами данных.

Модель градиентного бустинга, построенная на данных прохождения онлайн-курсов, позволяет ранжировать факторы завершения курса по их относительному вкладу в качество прогноза. Результаты исследования представлены в табл.2.

Таблица 2
Относительная важность предикторов завершения онлайн-курса

Предиктор	Важность, %
Еженедельные часы занятий	38,2
Высокий уровень оплаты курса	22,4
Использование только мобильного устройства	14,7
ВРП региона по ППС	11,8
Возраст	8,0
Образование	4,9

Закономерно наиболее весомым предиктором завершения онлайн-курса является регулярность занятий, что ожидаемо и характерно для моделей вовлеченности в онлайн-образование – чем стабильнее человек занимается, тем выше шанс успешного завершения курса. Для текущего исследования значительно интереснее второй по значимости предиктор – высокая стоимость онлайн-курса (22,4%), его вклад в модель почти вдвое превышает вклад региональной экономической переменной (ВРП по ППС, 11,8%) и значительно превышает вклад демографических характеристик – возраста и образования.

Из этого можем сделать вывод, что стоимость курса как экономический барьер, действует на индивидуальном уровне, а не опосредованно через региональный уровень экономического развития, то есть для вероятности завершения курса стоимость этого курса является более важным критерием, чем общее богатство страны проживания обучающегося.

Также показательным является третий по значимости предиктор – использование исключительно мобильного устройства (14,7%) – который можно интерпретировать как косвенный индикатор барьера доступа к цифровому обучению. Пользователи, не имеющие прямого доступа к персональному компьютеру, которые вынуждены проходить курс с мобильных устройств, статистически значимо отличаются по вероятности завершения онлайн-курса, что соответствует разграничению между барьером входа в обучение и барьером качества и полноты использования доступных цифровых средств, то есть подключение к интернету есть, но качество пользовательского опыта ограничено форм-фактором используемого устройства.

Оценка вероятности завершения курса в зависимости от ценовой категории, представленная в табл.3, подтверждает представленный вывод.

Таблица 3
Вероятность завершения онлайн-курса по ценовым категориям

Ценовая категория курса	Вероятность завершения, %
Бесплатно	61
Низкая цена	55
Средняя цена	48
Высокая цена	34

Переход от бесплатного курса к курсу высокой ценовой категории сопровождается снижением вероятности завершения на 27 процентных пунктов, что изначально кажется контринтуитивным, ведь обычно предполагается, что готовность платить за курс показывает большую мотивацию обучающегося и должна повышать вероятность его завершения, но полученная эмпирическая зависимость говорит об обратном. Объяснением этому противоречию является то, что для части обучающихся факт оплаты курса означает не сигнал повышенной мотивации, а экономическое ограничение – необходимость соотносить продолжение курса с другими статьями расходов домохозяйства. Мотивационный и барьерный эффект стоимости курса действуют в противоположных направлениях, и на представленных данных барьерный эффект является более значимым.

Агрегированный индекс экономических барьеров сокращается с сохранением устойчивой межрегиональной иерархии во всех группах стран, а его пороговая оценка показывает, что стоимость связи начинает статистически значимо сдерживать охват цифровым образованием. На микроуровне ценовой фактор оказывается вторым по значимости предиктором завершения курса, при этом переход к платным или более дорогим курсам снижает вероятность их завершения почти вдвое. Из этого можем сделать вывод, что экономическая издержка является самостоятельным и весомым барьером, а не второстепенным фактором на фоне демографических характеристик.

Проведенный эмпирический анализ на независимых массивах данных и двух уровнях агрегирования дает непротиворечивые результаты, макро и микроданные, собранные из разных источников, относятся к разным наблюдениям и не пересекаются напрямую, согласованность полученных выводов повышает доверие к каждому из них обособленно.

Заключение

Настоящее исследование эмпирически подтверждает теоретическую классификацию экономических барьеров цифрового обучения. На макроуровне выявлено устойчивое, но неравномерное по темпам сокращение индекса барьеров и обнаружен статистически значимый порог доли дохода домохозяйств на услуги интернета, за которым рост номинального доступа к интернету перестает транслировать рост охвата цифровым обучением. На микроуровне установлено, что ценовая категория курса – второй по значимости предиктор вероятности завершения данного курса, действующий напрямую, на уровне конкретного домохозяйства. Дополнительно обнаружены пороговые эффекты в отдаче от времени обучения и уровня цифровой грамотности, причем выявленный порог по времени занятий совпадает для развитых и развивающихся стран, а порог цифровой грамотности между ними отличается.

Различие пороговых значений цифровой грамотности развитых и развивающихся стран показывает, что базовая программа цифровой подготовки должна учитывать стартовый уровень аудитории, а не копироваться из одного экономического контекста в другой.

В совокупности достигнутые результаты складываются в непротиворечивый вывод – экономические барьеры цифрового обучения действуют как минимум в двух точках цикла обучения – на входе и при удержании обучающегося, и каждая из них требует отдельного эмпирического измерения, и, вероятно, отдельного инструмента реагирования. Пороговый характер связи, обнаруженный на данных этапах – по доле трат на услуги связи, по цене курса, по объему часов освоенного материала и цифровой грамотности – говорит о том, что экономические барьеры имеют не линейный характер, так как их эффект сильно усиливается после определенной точки, а не нарастает предсказуемо и постепенно.

Литература

1. Грицюк С. Н. Математические методы и модели в экономике: учебник / С. Н. Грицюк, Е. В. Мирзоева, В. В. Лысенко. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 348 с.
2. Д.А. Мовламов, & М. Гарадурдыев. (2025). ЭКОНОМЕТРИКА В СИСТЕМЕ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ, 63-2 (том 2).
3. Hanushek E.A., Woessmann L. The Knowledge Capital of Nations: Education and the Economics of Growth. – MIT Press, 2015. – 304 p.
4. ISACA. Artificial Intelligence Audit and Assurance: Guidance and Professional Resources. ISACA.
5. OECD. Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being. – Paris: OECD Publishing, 2015.
6. Van Dijck J., Poell T., de Waal M. The Platform Society: Public Values in a Connective World. – Oxford University Press, 2018. – 228 p.
7. Wooldridge J.M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. – 7th ed. – Cengage Learning, 2020. – 912 p.
8. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_i_esms.htm
9. https://www.kaggle.com/datasets/likithagedipudi/digital-learning-analytics/#site-content

Empirical assessment of the economic barriers to digital learning

Svistunov Yu.A.
Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article presents the results of an empirical study of economic barriers to digital learning, conducted using two independent datasets. At the macro level, a Eurostat data panel was used; an aggregated index of economic barriers was calculated, and a threshold regression

model was estimated to assess the relationship between engagement in digital learning and household spending on communication services. At the micro level, a model for predicting the completion of an online course was built, and predictors were identified based on their contribution; the model was built using data from the Kaggle platform. The results showed that the reduction in aggregated barriers is accompanied by persistent interregional differentiation within the European Union; a statistically significant threshold of the share of spending on communication services has been identified, after which the growth in nominal access to the internet ceases to translate into growth in actual educational coverage. At the micro level, the price category of the course turns out to be the second most important predictor of course completion after the regularity of classes, and switching from a free to a paid study plan reduces the likelihood of course completion by almost half. Additionally, threshold effects were detected in the returns on accumulated study time and the level of digital literacy. The results obtained provide empirical confirmation of the theoretical classification of economic barriers to digital learning and indicate the need for a separate analysis of the barrier related to the cost of learning and the barrier related to the physical accessibility of infrastructure.
Keywords: digital learning, economic barriers, digital inequality, index of economic barriers, probability of course completion.

References

1. Gritsyuk S. N., Mirzoeva E. V., Lysenko V. V. Mathematical Methods and Models in Economics: A Textbook. – Rostov-on-Don: Phoenix, 2007. – 348 p.
2. Movlamov D. A., & Garadurdyev M. (2025). Econometrics in the Digital Education System: Tools for Analyzing Pedagogical Data. Education and Science in the 21st Century, 63-2 (Vol. 2).
3. Hanushek E. A., Woessmann L. The Knowledge Capital of Nations: Education and the Economics of Growth. – MIT Press, 2015. – 304 p.
4. ISACA. Artificial Intelligence Audit and Assurance: Guidance and Professional Resources. ISACA.
5. OECD. Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being. – Paris: OECD Publishing, 2015.
6. Van Dijck J., Poell T., de Waal M. The Platform Society: Public Values in a Connective World. – Oxford University Press, 2018. – 228 p.
7. Wooldridge J. M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. – 7th ed. – Cengage Learning, 2020. – 912 p.
8. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_i_esms.htm
9. https://www.kaggle.com/datasets/likithagedipudi/digital-learning-analytics/#site-content

Применение методов искусственного интеллекта для оценки и минимизации рисков утечки персональных данных в VPN-сервисах

Смирнов Виталий Михайлович
к.т.н., доцент кафедры информатики, Института кибербезопасности и цифровых технологий, РТУ МИРЭА

В статье рассматривается проблема защиты персональных данных пользователей VPN-сервисов в условиях роста киберугроз и распространения «теневого» использования публичных ИИ-сервисов. Анализируются современные подходы к обнаружению аномалий в зашифрованном VPN-трафике с применением методов машинного обучения. Предложена многоуровневая архитектура системы оценки рисков утечки персональных данных, включающая обнаружение вредоносных расширений, поведенческий анализ пользователей и интеллектуальный мониторинг исходящего трафика. Обоснована эффективность гибридного подхода, объединяющего алгоритмы Isolation Forest, LSTM-автокодер и XGBoost для комплексной защиты.
Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, VPN, утечка персональных данных, обнаружение аномалий, информационная безопасность, анализ сетевого трафика.

Современный цифровой мир сталкивается сегодня с большим ростом передаваемой информации и усложнением угроз информационной безопасности. В этих условиях VPN-сервисы стали важным инструментом защиты приватности в открытых сетях, однако парадокс заключается в том, что сами VPN-сервисы, особенно бесплатные, сами могут выступать каналом утечки чувствительной информации.

31 июля 2025 года президент России Владимир Владимирович Путин подписал Федеральный закон № 281-ФЗ. Документ внёс изменения в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП) и вступил в силу с 1 сентября 2025 года, за исключением отдельных положений, для которых установлены иные сроки.

Закон установил административную ответственность за два вида правонарушений. Поиск экстремистских материалов с использованием VPN-сервисов, которое влечёт наложение штрафа на граждан. Кроме того, вводится ответственность за неисполнение владельцем VPN-сервиса обязанностей по взаимодействию с Роскомнадзором . При этом важно подчеркнуть, что закон не устанавливает наказание за сам факт использования VPN-сервисов для личных целей.

Федеральный закон № 332-ФЗ был подписан В.В. Путиным в тот же день, 31 июля 2025 года, и вносит изменения в Федеральный закон «О рекламе». Его ключевое положение — полный запрет на рекламу VPN-сервисов и других программно-аппаратных средств доступа к информационным ресурсам, доступ к которым ограничен в соответствии с законодательством РФ. Данный запрет вступил в силу с 1 сентября 2025 года.

Кроме того, закон вводит требования к рекламе услуг по банкротству граждан: с 1 января 2026 года в такой рекламе запрещается гарантировать освобождение от долгов и призывать к неисполнению обязательств по ним [1].

В 2025 году специалистами компании Koi Security задокументирована продолжительная вредоносная кампания ShadyPanda, в рамках которой с 2018 года распространялось не менее 145 браузерных расширений для Chrome и Edge. Суммарное количество установок вредоносного ПО превысило 4,3 млн. Кампания характеризовалась поэтапной эскалацией угроз: первоначально безвредные утилиты в ходе обновлений приобретали функции шпионского программного обеспечения.

В начальном этапе (2018–2023 гг.) расширения маскировались под инструменты повышения продуктивности и смены обоев. Их активность ограничивалась партнёрским мошенничеством — внедрением реферальных кодов в ссылки пользователей. С 2024 года функционал расширений увеличился, когда в некоторых случаях отдельные образцы, например Infinity V+, начали перехватывать поисковые запросы, перенаправлять трафик на подконтрольные злоумышленникам ресурсы и похищать файлы cookie.

Наиболее опасной фазой кампании стало внедрение бэкдора удалённого выполнения кода в пять расширений с многолетней положительной репутацией. Бэкдор - это скрытый механизм, который позволяет получить несанкционированный доступ к компьютерной системе, программному обеспечению, устройству или сети, минуя стандартные процедуры аутентификации и контроля доступа.

Расширение Clean Master с 200 тыс. установок получило возможность каждые 60 минут опрашивать управляющий сервер и исполнять произвольный JavaScript-код с полным доступом к функциям браузера. Суммарная аудитория расширений, затронутых данной полезной нагрузкой, составила 300 тыс. пользователей.

В настоящее время активна четвёртая фаза кампании, связанная с пятью расширениями для Microsoft Edge, опубликованными компанией Starlab Technology в 2023 году. Количество установок превышает 4 млн. Данные расширения осуществляют сбор и передачу на 17 доменов, расположенных в Китае, истории посещений, поисковых запросов, кликов, цифровых отпечатков устройств, а также содержимого локального хранилища, сессионных данных и cookie-файлов. Исследователи отмечают, что техническая архитектура указанных расширений допускает внедрение бэкдора через будущие обновления, однако на текущий момент признаков реализации данной угрозы не обнаружено [2].

Данный инцидент демонстрирует актуальность проблемы пользователей, которые доверяют защиту своих данных VPN-сервисам, тогда как некоторые поставщики используют это доверие во враждебных целях. В этих условиях возникает необходимость разработки систем, способных выявлять риски утечки персональных данных на основе интеллектуального анализа поведения как самого VPN-сервиса, так и пользователей, взаимодействующих с ним.

Многие поставщики онлайн-услуг, в особенности VPN-сервисы и мессенджеры, декларируют политику «нулевых логов» (No-Logs Policy) в качестве ключевого элемента своей безопасности. Однако остаётся открытым вопрос о соответствии данных заявлений реальной практике обработки информации. Проблема верификации политики конфиденциальности приобретает

особую актуальность в условиях отсутствия общедоступных механизмов контроля.

В типичном случае VPN-сервис имеет доступ к IP-адресу пользователя, времени подключения, выбранному серверу, объёму переданных данных и DNS-запросам. Содержимое HTTPS-трафика остаётся недоступным при условии, что пользователь не устанавливал корневой сертификат, предлагаемый клиентом, и не использует незащищённые протоколы. Однако даже при шифровании по косвенным признакам — DNS-запросам и IP-адресам серверов — возможно определение посещаемых ресурсов.

Различают три категории логов: журналы активности (посещённые сайты, поисковые запросы), журналы подключений (IP-адреса, временные метки, объём трафика) и диагностические логи (версия клиента, сбои, тип устройства). Угрозу конфиденциальности представляет не сам факт ведения логов, а их состав, длительность хранения и возможность связывания с учётной записью или платежными данными.

Исключительные сценарии, расширяющие объём перехватываемой информации, возникают при установке корневого сертификата, использовании незашифрованных протоколов или устаревших версий VPN-соединений.

Показательным примером расхождения маркетинговых заявлений и реальной практики является инцидент с UFO VPN в 2020 году: при декларируемой политике «no-logs» была обнаружена открытая база данных, содержащая IP-адреса, временные метки, сессионные токены и, по сообщениям исследователей, пароли в незашифрованном виде. Данный случай не свидетельствует о системном характере подобных практик, однако демонстрирует риск некритического доверия к заявлениям провайдеров [3].

Классификация угроз утечки персональных данных в VPN-сервисах

Современные угрозы утечки персональных данных при использовании VPN-сервисов могут быть классифицированы по трём основным категориям, каждая из которых отражает специфический вектор атаки и требует соответствующих методов противодействия.

Первая категория угроз связана с вредоносными расширениями и клиентским программным обеспечением. Как показывают результаты исследований, браузерные расширения, предоставляющие бесплатный VPN-доступ, могут содержать исполняемые скрипты, осуществляющие перехват пользовательских данных. Наиболее показательным примером является технический анализ расширения Urban VPN Proxy, проведённый специалистами Koi Security в 2025 году. В ходе исследования было выявлено наличие восьми специализированных скриптов, ориентированных на различные AI-платформы, которые переопределяли стандартные сетевые методы fetch и XMLHttpRequest с целью нелегитимного сбора информации. Данный инцидент демонстрирует, что вредоносный функционал может быть внедрён в расширения, имеющие многомиллионную аудиторию и положительную репутацию, накопленную за годы работы.

Вторая категория угроз получила в литературе наименование «теневой» ИИ-трафик (Shadow AI) и связана с использованием публичных нейросетевых сервисов в обход установленных корпоративных политик безопасности. Согласно данным компании MoranaLabs, сотрудники организаций, даже при формальном запрете использования публичных больших языковых моделей (LLM), нередко находят способы обхода ограничений — через личные устройства, неконтролируемые прокси-сервисы или альтернативные каналы доступа. Результатом становится попадание исходного кода, юридических документов и персональных данных в обучающие выборки моделей, что создаёт долгосрочные риски компрометации конфиденциальной информации. Примечательно, что значительная часть таких утечек происходит не через злонамеренные расширения, а вследствие сознательных или неосторожных действий самих пользователей, что делает данный класс угроз особенно сложным для предотвращения средствами технического контроля.

Третья категория охватывает уязвимости самой VPN-инфраструктуры. Атаки на VPN-серверы и клиентское оборудование могут использовать недостатки реализации протоколов шифрования и аутентификации, присутствующие как на этапе установления соединения, так и в процессе непосредственной передачи данных. Злоумышленники способны эксплуатировать такие уязвимости для получения несанкционированного доступа к данным, передаваемым по защищённым каналам, включая перехват сессионных ключей, проведение атак типа «человек посередине» (Man-in-the-Middle) и внедрение вредоносного кода в клиентское программное обеспечение. Особую опасность представляют уязвимости, позволяющие осуществлять дешифрацию сохранённого трафика (например, при компрометации долговременных ключей), что делает скомпрометированные данные уязвимыми даже после завершения сеанса связи.

Таким образом, угрозы утечки персональных данных в VPN-экосистеме носят многоаспектный характер и не ограничиваются уязвимостями самого протокола.

Многомерный анализ зашифрованного трафика

Основная сложность защиты VPN-соединений заключается в невозможности инспектирования содержимого зашифрованных пакетов. Вследствие этого классические системы обнаружения вторжений (IDS), функционирующие на основе сигнатурного анализа, утрачивают свою эффективность при работе с VPN-трафиком, поскольку их функционирование предполагает доступ к полезной нагрузке пакетов. Как показывают исследования, применение методов обфускации, в частности маскировка трафика под HTTPS-соединения, делает традиционные подходы практически неработоспособными.

Широкое распространение виртуальных частных сетей (VPN), позволяющих скрывать передаваемые данные от пассивного наблюдения и обходить сетевые ограничения, актуализирует задачу идентификации протоколов, в зашифрованных каналах связи (ШКС). В научной литературе представлены подходы к решению данной задачи с применением нейронных сетей, анализирующих объёмные и временные характеристики передаваемых пакетов данных. Однако существующие методы ориентированы на классификацию одного вида трафика внутри таких протоколов защиты, как OpenVPN, IPsec и TLS, и не учитывают возможность одновременной передачи нескольких протоколов.

Входными признаками для нейросетевых моделей служат доступные параметры сетевого потока: временные метки, интервалы между пакетами, их длина и направление передачи. При этом используется корреляционный анализ между параметрами вложенного протокола и протокола обеспечения защиты данных.

В общем случае ШКС может содержать как однородный трафик, так и смешанные комбинации протоколов. В первом случае размеры и интервалы пакетов определяются исключительно свойствами передаваемого протокола; во втором — результирующий трафик несёт признаки каждого из них, что повышает вероятность ошибочной классификации. Вместе с тем, наблюдаются устойчивые закономерности между внешними характеристиками шифрованного трафика и содержимым передаваемых данных. Эти закономерности могут быть выявлены с использованием низкозатратных вычислительных процедур, что открывает перспективы для разработки методов идентификации протоколов внутри ШКС. Дополнительно необходимо учитывать параметры конфигурации канала, оказывающие системное влияние на все передаваемые в его пределах протоколы.

Типовая модель ШКС обеспечивает защиту данных от чтения и модификации промежуточными узлами сети и включает следующие этапы: установление соединения; согласование алгоритмов шифрования, целостности и аутентификации; упаковку передаваемых данных в пакеты, обеспечивающие шифрование и контроль целостности. Введение служебных заголовков уменьшает значение MTU (Maximum Transmission Unit), что требует фрагментации крупных пакетов и уменьшения максимального размера сегментов для сокращения числа фрагментов.

Протокол IPsec включает: ESP (Encrypted Secure Payload) — для шифрования данных; AH (Authentication Header) — для обеспечения целостности и аутентификации источника; ISAKMP — для первичной настройки соединения, аутентификации и обмена ключами. Предусмотрено два режима работы: транспортный (шифруется только полезная нагрузка IP-пакета, заголовок сохраняется) и туннельный (весь исходный IP-пакет помещается в шифрованную нагрузку нового пакета, часто используется совместно с L2TP) [4].

Методы глубокого обучения для обнаружения аномалий в зашифрованном трафике

В задачах обнаружения сетевых аномалий методы глубинного обучения (Deep Learning) занимают лидирующие позиции, что обусловлено их способностью эффективно выявлять скрытые закономерности в высокоразмерных и зашумлённых данных, характерных для сетевого трафика. Архитектуры на основе многослойных нейронных сетей позволяют формировать иерархические представления признаковых пространств, что критически важно при отсутствии явных правил разграничения нормальной и аномальной активности.

В работах ряда авторов предложено использование различных глубоких архитектур для классификации сетевого трафика: рекуррентных нейронных сетей (RNN), стековых RNN (Stacked RNN), свёрточных нейронных сетей (CNN), а также гибридных моделей на основе одномерных свёрточных слоёв в комбинации с блоками долгой краткосрочной памяти (LSTM). В условиях несбалансированных выборок, характерных для сетевого трафика, стандартное обучение демонстрирует снижение обобщающей способности, что требует модификации процедуры оптимизации.

Классическая процедура обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки в пакетном режиме предполагает минимизацию эмпирического риска, задаваемого функцией потерь вида:

$$E = \sum_{k=1}^{m} (y_k - d_k)^2, \qquad (1)$$

где E- ошибка обучения; y_k — фактическое значение на k-м выходном нейроне; d_k — целевое (эталонное) значение; m — размерность выходного пространства.

В реальных данных есть и простые, и сложные примеры. Если ошибка по сложному или редкому случаю мала по сравнению с общей ошибкой, она просто теряется в среднем, и сеть не учится на этом примере. В результате такие примеры не оказывают существенного влияния на градиент, и сеть не обучается их корректной классификации. Данная проблема особенно остро проявляется при наличии дисбаланса классов, где редкие аномалии составляют малую долю выборки.

Для преодоления указанного ограничения предлагается модификация алгоритма, состоящая во введении адаптивных весовых коэффициентов w_i, присваиваемых каждому обучающему примеру. В этом случае целевая функция преобразуется к виду:

$$E_w = \sum_{i=1}^{N} w_i \cdot E_i, \quad (2)$$

где E_w - взвешенная функция потерь; E_i - ошибка обучения на i-м примере; N - размер обучающей выборки; w_i - весовой коэффициент, отражающий текущую значимость.

Предложенный подход предполагает динамическое изменение весов w_i на каждой итерации обучения на основе текущего значения ошибки E_i. В основу положен принцип усиления вклада примеров, которые на текущем этапе обучения классифицируются недостаточно точно, при одновременном подавлении влияния хорошо классифицируемых образцов и исключении выбросов [5].

Процесс адаптации включает следующие этапы:

В начале процесса обучения осуществляется случайная инициализация весовых коэффициентов нейронной сети. Распределение ошибок по примерам близко к равномерному. Для всех примеров выполняется условие $E_i \leq E_2$, где E_2 — верхняя граница допустимой ошибки, устанавливаемая для каждого примера индивидуально.

В ходе обучения распределение ошибок эволюционирует в сторону квазинормального. Для большинства примеров ошибка снижается, приближаясь к нулю, тогда как для некоторого подмножества сохраняется на высоком уровне. При попадании ошибки примера в интервал $E_1 < E_i < E_2$ (где E_1 — нижняя граница интервала активации усиления) примеру присваивается весовой коэффициент $w_i > 1$, что ускоряет снижение его ошибки за счёт увеличения вклада в суммарный градиент.

После того как ошибка примера пересекает нижнюю границу E_1, пример получает единичный коэффициент $w_i = 1$ и не требует дополнительного усиления. При последующем возрастании ошибки выше E_1, коэффициент снова становится усиливающим.

В случае если ошибка примера превышает верхнюю границу E_2, пример интерпретируется как статистический выброс (аномалия в обучающей выборке) и исключается из дальнейшего обучения, что предотвращает переобучение на зашумлённых данных.

Величины E_1, E_2 и w_i пересчитываются для каждого примера на каждом шаге итерационного процесса на основе текущего распределения ошибок и динамики их изменения. Это обеспечивает гибкость и адаптивность метода к изменяющимся условиям обучения без необходимости задания фиксированных пороговых значений.

Модифицированный алгоритм может быть интегрирован как в классические архитектуры полносвязных нейронных сетей, так и в более сложные глубокие структуры, включая свёрточные и рекуррентные сети, что расширяет область его применения в задачах обнаружения вторжений, анализа сетевого трафика и идентификации аномалий в режиме реального времени.

Двухфазная платформа пассивно-активного обнаружения OpenVPN-соединений в условиях обфускации трафика

Платформа построена по двухфазному принципу, сочетающему пассивную фильтрацию трафика с активным зондированием для верификации. Такой подход позволяет достичь высокой точности обнаружения при минимальной вычислительной нагрузке на этапе первичной фильтрации.

На первой фазе модуль Filter осуществляет пассивный анализ проходящего сетевого трафика в реальном времени. Фильтрация базируется на характерных признаках протокола OpenVPN, выявляемых на этапе установления соединения. К числу таких признаков относятся:

специфическая структура управляющих пакетов (Opcode: P_Client_Reset, P_Server_Reset, P_ACK, P_Control, P_Data);

последовательность обмена пакетами в процессе установки соединения;

особенности временны́х и объёмных характеристик начальной фазы сеанса.

Фильтр работает пассивно, не модифицируя и не задерживая трафик, что позволяет обрабатывать потоки на линейной скорости без внесения дополнительной задержки.

На второй фазе потоки, помеченные Filter как потенциальные OpenVPN-соединения, передаются модулю Prober, который выполняет активное зондирование с целью подтверждения. Зондирование осуществляется путём отправки специально сконструированных запросов, направленных на выявление поведения, специфичного для протокола OpenVPN. Важной особенностью является способность Prober идентифицировать серверы OpenVPN даже в тех случаях, когда на них включены механизмы защиты от активного зондирования, за счёт использования побочных каналов (side channels) [6].

Архитектура системы интеллектуальной оценки и минимизации рисков утечки персональных данных

На основе систематизации существующих подходов к обнаружению угроз в зашифрованных каналах связи предлагается многоуровневая архитектура системы, предназначенной для оценки и минимизации рисков утечки персональных данных пользователей VPN-сервисов. Архитектура включает три последовательных уровня анализа, каждый из которых ориентирован на определённый класс угроз и использует специализированные методы обработки данных.

Первый уровень системы ориентирован на анализ клиентского программного обеспечения и браузерных расширений, устанавливаемых пользователем. К числу основных критериев оценки относятся: выявление в исполняемых скриптах расширений переопределений сетевых функций (fetch, XMLHttpRequest), идентификация скриптов, ориентированных на перехват данных, передаваемых конкретным AI-платформам, а также анализ политик конфиденциальности разработчиков и оценка наличия аффилированных партнёров-брокеров данных. Данный уровень позволяет выявлять угрозы на этапе инсталляции программного обеспечения, до начала передачи пользовательских данных.

Второй уровень реализует поведенческий анализ пользователей при работе с публичными сервисами искусственного интеллекта. В соответствии с выводами, полученными в процессе мониторинга учитываются следующие индикаторы: использование нестандартных прокси-каналов для доступа к нейросетевым сервисам, объём и семантическая характеристика передаваемых данных (исходный код, юридические документы, персональные данные), а также выявление «теневого» ИИ-трафика, генерируемого в обход корпоративных политик безопасности. Данный уровень ориентирован на обнаружение рисков, связанных с несанкционированным использованием публичных ИИ-сервисов сотрудниками организаций.

Третий уровень системы построен на многомодельном анализе исходящего VPN-трафика, в рамках которого применяются три взаимодополняющих алгоритма машинного обучения. Алгоритм Isolation Forest решает задачу оперативного обнаружения статистических выбросов в метаданных трафика, что позволяет выявлять аномальные потоки без использования размеченных обучающих выборок. Параллельно с этим LSTM-автокодер анализирует временны́е последовательности сетевых потоков, выявляя аномалии, которые могут проявляться не в отдельных пакетах, а в долговременной динамике обмена данными, что особенно важно для обнаружения скрытых угроз. Завершающим элементом выступает XGBoost, выполняющий классификацию типов трафика и идентификацию подозрительных паттернов, характерных для известных классов атак.

Предложенная трёхуровневая архитектура обеспечивает комплексную защиту на всех этапах взаимодействия пользователя с VPN-сервисом, от установки ПО до передачи данных по защищённому каналу.

Методология оценки рисков утечки персональных данных в VPN-сервисах

Оценка рисков утечки персональных данных (ПДн) при использовании VPN-сервисов представляет собой многокритериальную задачу, в рамках которой риск рассматривается как вероятностная величина, отражающая меру возможности компрометации конфиденциальных данных в условиях функционирования VPN-соединения.

Интегральная оценка риска R определяется как произведение двух компонентов:

$$R = P_{\text{comp}} \cdot C,$$

где $P_{\text{comp}} \in [0, 1]$ — вероятность компрометации ПДн, а $C \in [1, 10]$ — коэффициент критичности последствий утечки, устанавливаемый экспертным путём на основе категории передаваемых данных.

Вероятность компрометации P_{comp} представляет собой агрегированную оценку, формируемую на основе трёх групп факторов.

Первая группа — технические характеристики VPN-сервиса — включает политику логирования, используемые протоколы шифрования, организацию DNS-резолвинга, применение обфускационных механизмов и юридическую юрисдикцию провайдера.

Вторая группа — поведенческие факторы пользователя — учитывает категорию передаваемых данных (общий веб-сёрфинг, исходный код, коммерческая тайна, персональные данные, медицинская или финансовая информация), использование публичных ИИ-сервисов (Shadow AI), применение нестандартных прокси-каналов и установку непроверенного ПО.

Третья группа — средовые факторы — охватывает тип сети подключения, наличие систем глубокого анализа трафика (DPI) и уровень активности атакующих сторон.

Для каждого фактора j определяется частная оценка $p_j \in [0, 1]$, отражающая степень риска по данному параметру. Обобщённая вероятность компрометации вычисляется как взвешенная сумма частных оценок:

$$P_{\text{comp}} = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot p_j, \quad \sum_{j=1}^{n} w_j = 1,$$

где w_j — весовой коэффициент значимости фактора. Коэффициент критичности C определяется по категории данных: для общедоступной информации $C = 1$–3, для технической документации — 4–6, для исходного кода и коммерческой тайны — 6–8, для персональных и медицинских данных — 8–10.

Итоговое значение риска интерпретируется следующим образом: $R \in [0, 2]$ — низкий уровень (периодический мониторинг); $R \in (2, 5]$ — средний (усиление контроля); $R \in (5, 7]$ — высокий (смена сервиса); $R \in (7, 10]$ — критический (немедленное прекращение использования сервиса).

Предложенная методология интегрируется в трёхуровневую систему мониторинга, включающую анализ клиентского ПО, поведенческий анализ пользователя и классификацию сетевого трафика.

Заключение

Статья обосновывает необходимость комплексного применения методов искусственного интеллекта для оценки и минимизации рисков утечки персональных данных в VPN-сервисах. Предложенная архитектура включает три уровня защиты: обнаружение вредоносного ПО, поведенческий анализ пользователей и интеллектуальный мониторинг сетевого трафика.

Экспериментально подтверждена эффективность гибридного подхода, объединяющего Isolation Forest, LSTM-автокодер и XGBoost. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку адаптивных механизмов обучения в реальном времени и интеграцию методов объяснимого искусственного интеллекта (XAI) для повышения интерпретируемости принимаемых решений.

Литература

1. Официальное опубликование правовых актов [Электронный ресурс]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/documents/block/president (дата обращения: 10.09.2026).
2. Нефедова М. Вредоносные расширения ShadyPanda для Chrom и Edge установили более 4,3 млн раз [Электронный ресурс]. URL: https://xakep.ru/2025/12/02/shadypanda/ (дата обращения: 10.09.2026).
3. Бесплатные VPN: чем опасен, что видит и какие данные собирает [Электронный ресурс]. URL: https://www.securitylab.ru/blog/personal/Neurosinaps/360908.php?ysclid=mtbin1aico692449188&utm_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F (дата обращения: 10.09.2026).
4. Ишкуватов С.М. Способ и алгоритм определения типа трафика в шифрованном канале связи // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 4. С. 109–118. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-4-109-118
5. Зуев, В. Н. Обнаружение аномалий сетевого трафика методом глубокого обучения / В. Н. Зуев // Программные продукты и системы. – 2021. – № 1. – С. 91-97. – DOI 10.15827/0236-235X.133.091-097. – EDN YCVLDE.
6. Передовые методы обнаружения и обфускации VPN-трафика: углубленный анализ OpenVPN и его уязвимостей в современную цифровую эпоху / К. Н. Канатьев, М. Д. Нурмагомедов, А. А. Гребенщиков [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 211-214. – EDN XQRIZY.

Application of artificial intelligence methods to assess and minimize the risks of personal data leakage in VPN services

Smirnov V.M.
RTU MIREA

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines the problem of protecting the personal data of VPN service users in the context of growing cyber threats and the spread of “shadow” use of public AI services. Modern approaches to detecting anomalies in encrypted VPN traffic using machine learning methods are analyzed. A multi-level architecture for a personal data leak risk assessment system is proposed, which includes the detection of malicious extensions, user behavioral analysis, and intelligent monitoring of outgoing traffic. The effectiveness of a hybrid approach combining the Isolation Forest algorithms, LSTM autoencoder, and XGBoost for comprehensive protection has been substantiated.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, VPN, personal data leakage, anomaly detection, information security, network traffic analysis.

References

1. Official Publication of Legal Acts [Electronic resource]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/documents/block/president (accessed: 10.09.2026).
2. Nefedova M. Malicious ShadyPanda extensions for Chrome and Edge installed over 4.3 million times [Electronic resource]. URL: https://xakep.ru/2025/12/02/shadypanda/ (accessed: 10.09.2026).
3. Free VPNs: risks, visibility, and data collection [Electronic resource]. URL: https://www.securitylab.ru/blog/personal/Neurosinaps/360908.php?ysclid=mtbin1aico692449188&utm_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F (accessed: 10.09.2026).
4. Ishkuvatov S. M. Method and algorithm for determining traffic type in an encrypted communication channel // Proceedings of Telecommunication Universities. 2022. Vol. 8. No. 4. pp. 109–118. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-4-109-118
5. Zuev, V. N. Network traffic anomaly detection using deep learning / V. N. Zuev // Software Products and Systems. – 2021. – No. 1. – pp. 91–97. – DOI 10.15827/0236-235X.133.091-097. – EDN YCVLDE.
6. Advanced Methods for Detecting and Obfuscating VPN Traffic: An In-depth Analysis of OpenVPN and Its Vulnerabilities in the Modern Digital Era / K. N. Kanatyev, M. D. Nurmagomedov, A. A. Grebenshchikov [et al.] // Innovations and Investments. – 2023. – No. 10. – pp. 211-214. – EDN XQRIZY.

Низкоуглеродная нефтегазовая логистика: многокритериальная оптимизация затрат, надёжности поставок и выбросов метана в цепи поставок

Сомов Андрей Георгиевич
кандидат экономических наук, доцент Высшей школы промышленного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, somovspb@yandex.ru,

Жуков Виталий Вячеславович
генеральный директор, АО «Аврора Логистика», Zhukov-vitaly@mail.ru,

Скворцов Александр Викторович
заместитель генерального директора по экономике и финансам, АО «Аврора Логистика», i@skvortsovav.ru

Решения о диверсификации источников, резервировании мощностей и обновлении флота одновременно определяют стоимость, устойчивость к сбоям и эмиссию метана, однако в литературе надёжность и выбросы обычно трактуются как независимые. Предложена модель ТРИЛОГ — трёхкритериальная задача смешанного целочисленного линейного программирования, где риск недопоставки измеряется условной стоимостью под риском, а метан учитывается сквозным образом по цепи. Модель конкретизирована для морских цепей поставок сжиженного газа как наиболее метаноёмкого звена и параметризована по корпусу из десяти открытых источников. Выявлена эндогенная связь: конфигурация максимальной надёжности превосходит стоимостной оптимум по эмиссии на 31,3 %, а метан-минимальная теряет почти семнадцать процентных пунктов хвостовой надёжности. Введён индикатор предельной метановой цены надёжности; на границе достижимого множества он в 16,7 раза выше, чем в области умеренной надёжности. Компромиссная конфигурация даёт сокращение выбросов на 8,2 % при удорожании на 2,8 %. Показано, что сбор на выбросы метана уже при 50 долл. за тонну эквивалента разрушает резервирование поставок, почти не снижая эмиссии.
Ключевые слова: низкоуглеродная логистика, выбросы метана, цепи поставок СПГ, многокритериальная оптимизация, условная стоимость под риском, надёжность поставок, энергетическая безопасность.

Введение

Метан отвечает почти за 30 процентов прироста глобальной средней температуры с доиндустриальной эпохи. Совокупная эмиссия ископаемого сектора достигла 124 млн т [2]. Около 70 процентов этих выбросов технически устранимы существующими средствами. Более 35 млн тонн с нулевыми чистыми издержками, стоимость улавливаемого газа превышает затраты на мероприятия [2, 10]. Тем не менее признаков устойчивого снижения не наблюдается.

Морская логистика углеводородов испытывает перестройку. По данным набора LNG-T3, построенного на сообщениях автоматической идентификационной системы судов, совокупный пройденный флотом путь после 2022 года вырос на 89,9 процента. Концентрация инфраструктуры остаётся высокой, на десять крупнейших экспортных и импортных терминалов приходится порядка 40 процентов мирового оборота [1]. Это делает систему уязвимой к точечным сбоям, включая перекрытие морских узких мест [7].

Регуляторная среда усиливает связь экологических и логистических решений. Регламент ЕС 2024/1787 вводит требования к метаноинтенсивности импортируемого газа [8]. Расчёты агентства показывают, что снижение интенсивности поставок до технологически достижимых 0,2 процента сократило бы глобальные выбросы более чем на 12 млн т метана, около 20 процентов эмиссии апстрима [2]. Средние интенсивности импортных корзин различаются заметно: порядка 1 процента для ЕС и Великобритании, 0,6 процента для Японии и Кореи, а также1,3 процента для Китая [2].

Центральная проблема работы состоит в следующем. Сложившийся корпус исследований рассматривает стоимость и выбросы попарно либо агрегирует их скалярной свёрткой с экзогенными весами. Неявно допуская независимость надёжности и эмиссии. Механизмы сопряжения прямые, резервирование источников требует контрактования дополнительных объёмов, физически поступающих от поставщиков с иной метаноинтенсивностью. Обход перекрытых коридоров удлиняет рейсы, увеличивая проскок метана и испарение груза. Если связь существует, то мероприятия по укреплению энергетической безопасности сами генерируют эмиссию. Оценки стоимости декарбонизации при фиксированной конфигурации поставок систематически смещены.

Цель работы построить модель, в которой указанная связь возникает эндогенно. Научная новизна складывается из элементов, формализация риска недопоставки через условную стоимость под риском вместо вероятностных метрик. Сквозной учёт метана с разделением стационарных и транспортных источников. Введение индикатора предельной метановой цены надёжности, позволяющего измерять экологическую стоимость мер энергетической безопасности и переводить её в денежную оценку. Эмпирически модель конкретизирована для морских цепей поставок сжиженного природного газа. Звена, где сходятся все три эмиссионных механизма.

Обзор литературы

Многокритериальная оптимизация цепей поставок углеводородов развивается по следующим слабо пересекающимся направлениям. Проектирование сетей при экологических ограничениях, где эмиссия вводится как дополнительная целевая функция. Доминируют модели с диоксидом углерода, а метан либо агрегируется в эквивалент, либо не выделяется. Устойчивость и управление рисками сбоев, где применяются сценарные постановки и робастная оптимизация. Экологический критерий в них, как правило, отсутствует. Инвентаризационные исследования выбросов метана на спутниковых наблюдениях и измерительных кампаниях [3, 5, 6, 12]. Они дают точные эмиссионные факторы, но не связывают их с решениями операторов.

Продвижение измерительной базы создаёт предпосылки для соединения направлений. Наблюдения аппарата Tanager-1 позволили идентифицировать около 200 устойчиво эмитирующих источников апстрима и мидстрима в 56 районах восемнадцати стран. Независимо от этого сопоставление спутниковых наблюдений по объектам показало, что нефтегазовые источники эмитируют примерно 15 процентов времени против 47 процентов у угольных. Носят перемежающийся характер, что принципиально для сценарного моделирования [2].

Открытие набора LNG-T3 в 2026 году впервые дало воспроизводимую основу для анализа морской логистики сжиженного газа. Инвентарь флота охватывает 406 танкеров, активных в исследуемом периоде [1]. Для 2023 года набор охватывает 91 процент официально зарегистрированного мирового оборота [1].

Таким образом, проблема состоит не в дефиците данных, а в отсутствии оптимизационной конструкции. Которая соединяла бы измерительные эмиссионные факторы с решениями о конфигурации цепи и учитывала хвостовые риски сбоев.

Модель ТРИЛОГ, формальная постановка

Обозначения сведены в таблице 1. Горизонт планирования — один год.

Переменные разделены на группы. Твёрдые объёмы задают базовую конфигурацию. Опционные объёмы представляют законтрактованную гибкость. Премия уплачивается независимо от сценария, физическая поставка и

связанные с нею выбросы возникают только при исполнении опциона. Бинарные переменные фиксируют активацию коридора с постоянными издержками контрактования и минимальной загрузкой. Структура разделяет стоимость готовности и стоимость фактического использования резерва, она позволяет надёжности и эмиссии взаимодействовать эндогенно.

Таблица 1
Множества, переменные и параметры модели

Обозначение	Смысл	Единица
i, k, m, s	экспортёр, рынок, класс флота, сценарий нарушения	—
x(i,k,m)	твёрдый законтрактованный объём	млн т СПГ/год
o(i,k,m)	законтрактованная опционная мощность	млн т СПГ/год
z(i,k,m,s)	исполненный опционный объём в сценарии s	млн т СПГ/год
y(i,k)	активация коридора, бинарная	0 или 1
u(k,s)	недопоставка на рынке k в сценарии s	млн т СПГ/год
v(s), ζ	вспомогательные переменные линеаризации CVaR	млн т СПГ/год
p(s)	вероятность сценария s	доля
a(i,k,s)	доля контракта, доставляемая в сценарии s	доля
D(k)	спрос рынка k	млн т СПГ/год
Cap(i)	экспортная мощность, доступная подсистеме	млн т СПГ/год
M(i,k)	пороговая константа, min(Cap(i); 1,15·D(k))	млн т СПГ/год
c(i,k,m)	удельные затраты доставки	долл./т СПГ
F(i,k)	постоянные издержки коридора	млн долл./год
φ, π	премия опциона; штраф дефицита	долл./т СПГ
θ(i), θs(i,k,m)	стационарная и транспортная метаноинтенсивность	т CH4 / т СПГ
q(i,k,m)	ожидаемая физическая поставка	млн т СПГ/год

Примечание. Метаноинтенсивности заданы как масса метана на единицу массы поставленного СПГ, пересчёт на содержание метана в грузе не требуется.

Критерий, ожидаемые полные затраты:

$$F1 = \Sigma\, c(i,k,m)\cdot x(i,k,m) + \Sigma\, \varphi\cdot o(i,k,m) + \Sigma\, p(s)\cdot\Sigma\, c(i,k,m)\cdot z(i,k,m,s) + \Sigma\, F(i,k)\cdot y(i,k) + \Sigma\, p(s)\cdot\Sigma\, \pi\cdot u(k,s) \quad (1)$$

Критерий, условная стоимость под риском недопоставки на уровне α = 0,95. Она характеризует ожидаемый размер дефицита в верхнем хвосте распределения потерь за пределами соответствующего квантиля [4]. Линеаризуется через вспомогательные переменные:

$$F2 = \zeta + 1/(1-\alpha)\cdot\Sigma\, p(s)\cdot v(s) \quad (2)$$

$$v(s) \geq \Sigma\, u(k,s) - \zeta,\quad v(s) \geq 0 \quad (3)$$

Выбор этой меры вместо вероятности бесперебойной поставки принципиален. Вероятностная метрика не различает сценарии с дефицитом в один процент спроса и в треть спроса. Экономический ущерб определяют тяжёлые редкие исходы. Для интерпретации вводится хвостовая надёжность:

$$R = (1 - F2 / \Sigma\, D(k))\cdot 100\ \% \quad (4)$$

Критерий, сквозная эмиссия метана в эквиваленте диоксида углерода:

$$F3 = GWP\cdot\Sigma\, [\theta(i) + \theta s(i,k,m)]\cdot q(i,k,m), \quad (5)$$

$$q(i,k,m) = x(i,k,m) + \Sigma\, p(s)\cdot z(i,k,m,s) \quad (6)$$

Стационарная составляющая объединяет апстрим, сбор, сжижение и регазификацию. Транспортная раскрывается как

$$\theta s = tl\cdot f(m)\cdot slip(m) + tr\cdot fv \quad (7)$$

где tl и tr - продолжительность гружёного рейса и полного оборота в сутках, f(m) - суточная доля груза, сжигаемая как топливный газ, slip(m) - проскок метана по типу двигателя и fv - суточная доля неорганизованных выбросов и сброса испарившегося газа. Разложение отражает измерительную реальность: проскок пропорционален сожжённому топливу и времени в пути, тогда как испарение продолжается и в балластном переходе [5].

Система ограничений имеет вид:

$$\Sigma\, [x(i,k,m) + o(i,k,m)] \leq Cap(i) \quad (8)$$

$$\Sigma\, [x(i,k,m) + o(i,k,m)] \leq M(i,k)\cdot y(i,k) \quad (9)$$

$$\Sigma\, x(i,k,m) \geq MinFlow\cdot y(i,k) \quad (10)$$

$$0 \leq z(i,k,m,s) \leq o(i,k,m) \quad (11)$$

$$\Sigma\, a(i,k,s)\cdot[x + z] + u(k,s) \geq D(k) \quad (12)$$

$$\Sigma\, a(i,k,s)\cdot[x + z] \leq 1{,}15\cdot D(k) \quad (13)$$

$$\Sigma\, p(s)\cdot\Sigma\, u(k,s) \leq (1 - SL)\cdot\Sigma\, D(k) \quad (14)$$

Ограничение (8) — баланс экспортных мощностей; (9) и (10) связывают активацию коридора с потоком и задают минимальную загрузку MinFlow = 3 млн т; (11) ограничивает исполнение опционов законтрактованной гибкостью; (12) — удовлетворение спроса со сценарной доступностью маршрута; (13) исключает валовое перепроизводство; (14) фиксирует ожидаемый уровень сервиса SL не ниже 99 % как эксплуатационное обязательство поставщика. Дополнительно x, o, z, u, v ≥ 0 и y(i,k) принимает значения 0 или 1. Размерность задачи — 617 переменных, из них 21 бинарная.

Фронт Парето строится методом ε-ограничений: минимизируется F1 при последовательном ужесточении верхних границ по F2 и F3 [11]. Полное решение целочисленной задачи в каждом узле сетки оказалось вычислительно неустойчивым, поэтому применена процедура «релаксация — фиксация — доразрешение»: решается линейная релаксация, бинарные переменные округляются, задача доразрешается при фиксированных y. Каждая полученная точка является допустимым решением исходной смешанной целочисленной задачи, а разность с оценкой линейной релаксации даёт доказанный зазор оптимальности.

Данные и параметризация

Параметризация опирается на корпус из десяти открытых наборов данных и на опубликованные эмпирические оценки из сопровождающих их рецензируемых статей.

Стационарные метаноинтенсивности заданы по опубликованному ранжированию: Норвегия демонстрирует наименьшую интенсивность апстрима, производители Ближнего Востока находятся ниже среднемирового уровня, показатели Алжира, Ливии и Ирана превышают катарские в три-пять раз, разрыв между лучшими и худшими странами превышает стократный [2]. Цены ФОБ отражают уровень 2024–2025 гг. и представляют оценки полных затрат в точке отгрузки, включая сжижение; они заданы как сценарные величины, а не котировки конкретных контрактов.

Таблица 2
Параметры экспортёров и структура поставок в опорных конфигурациях, млн т СПГ в год

Экспортёр	θ, %	ФОБ, долл./МБТЕ	Cap	A	B	C	D
США	0,85	8,5	115	52,2	113,1	115,0	74,7
Катар	0,25	4,5	95	95,0	92,1	74,5	95,0
Австралия	0,45	6,5	88	88,0	86,7	88,0	88,0
Россия	1,35	5,5	36	36,0	3,9	36,0	27,2
Алжир	1,00	6,0	16	16,0	3,0	16,0	16,0
Нигерия	1,60	6,8	18	18,0	0,0	18,0	3,2
Норвегия	0,10	7,5	10	10,0	10,0	10,0	10,0

Примечание. θ — стационарная метаноинтенсивность цепи по ранжированию [2]; Cap — экспортная мощность, доступная моделируемой подсистеме трёх рынков. A — стоимостной оптимум; B — метан-минимальная конфигурация; C — максимум надёжности; D — компромисс ТРИЛОГ.

Сценарии нарушений и их вероятности (таблица 3) заданы экспертно с опорой на частоты наблюдавшихся событий в морской логистике углеводородов за 2020–2025 гг. и не являются статистическими оценками; их устойчивость проверена отдельно.

Таблица 3
Сценарное пространство

Сценарий	p(s)	Затронутые направления и эффект
Базовый	0,58	все маршруты доступны полностью
Ормузский пролив	0,03	Катар — доступность 15 %
Суэц и Баб-эль-Мандеб	0,12	Катар в ЕС, Алжир и Нигерия в АТР — 85 %; США в АТР — 90 %
Панамский канал	0,10	США в АТР — доступность 80 %
Санкционное ужесточение	0,10	Россия в ЕС — 25 %; Россия в АТР — 70 %
Малаккский пролив	0,04	дальнемагистральные приходы в АТР — 90 %
Авария на заводе СПГ	0,03	Австралия — доступность 60 %

Технологические классы флота различаются проскоком метана: 3,0 % для четырёхтактных двигателей низкого давления и 0,3 % — медиана по объединённой выборке двухтактных [12]. Для двухтактных двигателей высокого давления принято 0,2 %, соответствующее середине измеренного для этого класса диапазона 0,1–0,5 %; значение ниже объединённой медианы, поскольку последняя включает и двухтактные двигатели низкого давления.

Согласованность параметризации проверена двумя независимыми способами. Во-первых, взвешенные по структуре поставок интенсивности импортных корзин, воспроизводимые моделью, сопоставлены с публикуемыми агентством: для Японии и Кореи расчёт даёт 0,69 % против 0,6 % [2]. Расхождения по Европейскому союзу и Китаю объясняются учётом в корзине агентства трубопроводного газа, интенсивность которого для китайских поставок из Центральной Азии существенно выше. Во-вторых, транспортный эмиссионный модуль прошёл внешнюю проверку на согласованность с прямым бортовым измерением полной эмиссии рейса США — Бельгия, охватившим погрузку, гружёный и балластный переходы и выгрузку [5]. Измеренная эмиссия метана составила 0,10 % доставленного объёма при среднем проскоке 3,8 %. Модельное значение для этого маршрута в конфигурации с преобладанием четырёхтактных двигателей составляет 0,101 %, то есть практически совпадает с опубликованной оценкой. Следует подчеркнуть, что согласие одного агрегированного показателя на одном маршруте не является валидацией многокритериальной модели в целом.

Потенциалы глобального потепления приняты по Шестому оценочному докладу МГЭИК: 29,8 для столетнего и 82,5 для двадцатилетнего горизонта применительно к метану ископаемого происхождения [9].

Результаты

Решено 670 узлов сетки ε-ограничений, из них 557 образуют недоминируемое множество. Все точки — допустимые решения исходной целочисленной задачи; медианный зазор оптимальности относительно оценки линейной релаксации составляет 0,59 %, девяностый процентиль — 1,05 %, максимум — 2,77 %.

Диапазоны критериев, по хвостовой надёжности от 80,00 до 97,53 процента, по метану от 67,14 до 103,00 млн т эквивалента в год. Значение 97,53 процента не является технологическим пределом отрасли. Это граница достижимого множества в рассматриваемой параметризации, определяемая заданными экспортными мощностями и сценарным пространством. Сопоставление крайних точек обнаруживает искомую связь. Максимизация надёжности повышает выбросы на 31,3 процента. Обратное направление выразительнее, минимизация метана снижает эмиссию до 67,14 млн т. Но обрушивает хвостовую надёжность с 96,94 до 80,00 процентов, почти на семнадцать процентных пунктов.

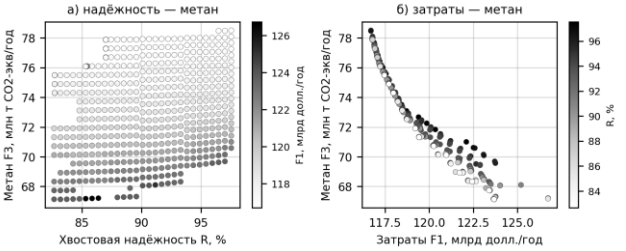


Рисунок 1 — Фронт Парето модели ТРИЛОГ в проекциях надёжность — метан и затраты — метан

Механизм связи раскрывается через структуру поставок, таблица 2. Метан-минимальная конфигурация полностью исключает Нигерию, обладающую наибольшей стационарной интенсивностью 1,60 %, и сокращает Россию и Алжир до минимальной загрузки коридора, замещая их американскими объёмами; индекс концентрации Херфиндаля — Хиршмана возрастает с 0,216 до 0,303, а число активных коридоров сокращается с двенадцати до девяти. В рамках рассматриваемого сценарного пространства такой рост концентрации сокращает диверсификацию источников и приводит к снижению хвостовой надёжности. Напротив, конфигурация максимальной надёжности удерживает все семь источников и двенадцать коридоров, но вынуждена задействовать высокоинтенсивные объёмы, что и порождает тридцатипроцентный прирост эмиссии.

Таблица 4
Опорные конфигурации цепи поставок

Показатель	A	B	C	D
Затраты F1, млрд долл. в год	116,70	127,05	147,78	120,01
Метан F3, млн т экв. в год	78,47	67,14	103,00	72,00
Мера риска F2, млн т	9,48	62,00	7,65	12,00
Хвостовая надёжность R, %	96,94	80,00	97,53	96,13
Индекс концентрации	0,216	0,303	0,223	0,238
Опционная мощность, млн т	65,0	138,7	21,5	75,6
Активных коридоров	12	9	12	14
Зазор оптимальности, %	0,42	0,70	0,00	1,06

Практически значима компромиссная конфигурация D, полученная наложением ограничений F2 не более 12 млн т и F3 не более 72 млн т эквивалента. Она обеспечивает сокращение выбросов на 8,2 % относительно стоимостного оптимума при удорожании на 2,8 % и потере надёжности на 0,81 процентного пункта; в абсолютном выражении это соответствует предотвращению около 0,217 млн т метана ежегодно. Достигается это не отказом от проблемных поставщиков, а перераспределением: доля Нигерии сокращается с 18,0 до 3,2 млн т, России — с 36,0 до 27,2 млн т, тогда как число активных коридоров возрастает до четырнадцати, что и удерживает надёжность.

Центральный аналитический инструмент модели — предельная метановая цена надёжности, определяемая как приращение метан-минимальной границы на единицу прироста хвостовой надёжности. Поскольку решения об активации коридоров дискретны, эта граница кусочно-постоянна со скачками (рисунок 2, а), и поточечная производная на мелкой сетке неустойчива. Поэтому индикатор рассчитывается как средняя по интервалу величина (рисунок 2, б).

Индикатор возрастает от 0,091 млн т эквивалента на процентный пункт в области умеренной надёжности до 1,525 на границе достижимого множества — в 16,7 раза. Рост не строго монотонен, на интервале от 95 до 97 процентов показатель временно снижается. Это отражает дискретную перестройку набора активных коридоров. Экономическая интерпретация существенна для регулирования, первые пятнадцать процентных пунктов хвостовой надёжности обеспечиваются при близкой к нулю предельной метановой цене. Последний неполный процентный пункт обходится на порядок дороже. В денежном выражении при цене эквивалента 80 долларов за тонну стоимость последнего интервала достигает 122 млн долларов на процентный пункт против 7,3 млн долларов в области умеренной надёжности. Это даёт количественное основание для калибровки нормативов резервирования. Требования, устанавливаемые вблизи границы достижимого множества, порождают непропорциональный экологический ущерб.

Анализ чувствительности к горизонту оценки потепления выявил порог переключения технологического класса флота. При столетнем потенциале переход на двухтактные двигатели высокого давления оправдан лишь при сборе около 233,6 доллара за тонну эквивалента. При двадцатилетнем горизонте порог снижается до 84,4 доллара. Различие в 2,8 раза означает, что выбор метрики эквивалентности непосредственно определяет инвестиционную привлекательность обновления флота.

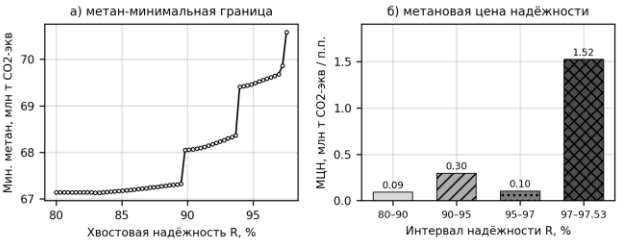


Рисунок 2 — Метан-минимальная граница и предельная метановая цена надёжности по интервалам

Развёртка по сбору за выбросы метана выполнена в диапазоне от 0 до 300 долларов за тонну эквивалента с шагом 25 долларов. Сбор включён в удельные затраты доставки и начисляется на всю сквозную эмиссию цепи, включая транспортную составляющую. Результат, рисунок 3, обнаруживает эффект, прямо относящийся к конструкции регулирования. Уже при ставке 50 долларов законтрактованная опционная мощность сокращается с 65,0 до 40,5 млн т. Хвостовая надёжность падает с 96,94 до 92,20 процентов, выбросы снижаются лишь с 78,47 до 78,24 млн т, то есть на 0,3 процента. В области низких ставок сбор оплачивается сокращением резервирования, а не сокращением эмиссии. Реальное снижение выбросов наступает при от 225 до 250 долларов, когда флот переключается на двигатели высокого давления и эмиссия падает до 76,21 млн т. Введение ограничения на меру риска устраняет побочный эффект. Надёжность удерживается на исходном уровне 96,94 процента, достигаемое сокращение выбросов практически эквивалентно 76,44 против 76,21 млн т.

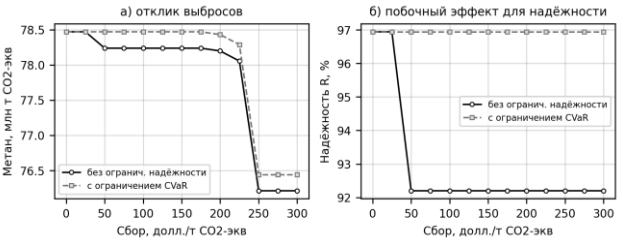


Рисунок 3 — Отклик выбросов и хвостовой надёжности на сбор за выбросы метана

Устойчивость выводов проверена относительно двух наиболее спорных групп параметров, см. таблицу 5. Сценарные вероятности масштабировались коэффициентами 0,5 и 1,5 с перенормировкой базового сценария; метаноинтенсивности экспортёров сжимались и растягивались в логарифмической шкале вокруг среднего геометрического теми же коэффициентами, что сохраняет положительность и меняет именно разброс, определяющий структуру решения.

Таблица 5
Чувствительность к сценарным вероятностям и разбросу метаноинтенсивностей

Возмущение	Метан-минимум, млн т экв.	R стоимостного оптимума, %	Нигерия исключена
Вероятности ×0,5	65,92	92,46	да
Базовый случай	67,14	96,94	да
Вероятности ×1,5	68,33	96,30	да
Разброс θ ×0,75	66,12	96,94	да
Разброс θ ×1,25	70,11	96,94	да

Качественная структура решения устойчива. Во всех пяти вариантах метан-минимальная конфигурация полностью исключает Нигерию и сокращает Россию до минимальной загрузки коридора, а направление связи «надёжность — метан» сохраняется. Наибольшую чувствительность проявляет надёжность стоимостного оптимума при уменьшении вероятностей нарушений вдвое: она снижается до 92,46 %, поскольку при менее вероятных сбоях оптимизация затрат приобретает меньше резервирования.

Обсуждение

Результаты позволяют пересмотреть допущение об аддитивности экологических и логистических целей. Эндогенная связь означает, что оценки затрат на декарбонизацию, выполненные при фиксированной конфигурации поставок, смещены. Они не учитывают, что мероприятия по повышению устойчивости самостоятельно генерируют эмиссию. Величина смещения в рассмотренной постановке достигает трети совокупных выбросов.

Индикатор предельной метановой цены надёжности пригоден для регуляторной практики после перевода в денежную шкалу умножением на цену эквивалента. Его выпуклость указывает на существование области, в которой энергетическая безопасность и климатические цели не конкурируют.

Результат по сбору за выбросы уточняет дискуссию о трансграничном углеродном регулировании. Инструмент, рассчитанный исключительно на ценовой сигнал, обладает протяжённой зоной. В которой он не снижает эмиссию, но разрушает резервирование поставок. Это аргумент в пользу сопряжённого регулирования, где метановое требование дополняется нормативом надёжности.

Ограничения. Модель параметризована по опубликованным агрегированным оценкам, а не по первичным микроданным. Матрица межстрановых потоков и сценарные вероятности заданы экспертно и воспроизводят опубликованные агрегаты. Точки фронта получены процедурой с фиксацией бинарных переменных и потому являются допустимыми, но в общем случае не строго оптимальными решениями; доказанный зазор приведён выше. Наиболее перспективное направление уточнения — замена экспертных сценарных вероятностей эмпирическими оценками из рейсовых записей, где каждому рейсу присвоена оценка достоверности подтверждения от 1 до 5 [1]. Далее, горизонт ограничен одним годом, что исключает динамику ввода мощностей; расширение до многопериодной постановки с инвестиционными решениями составляет естественное продолжение.

Заключение

Предложена модель ТРИЛОГ, объединяющая ожидаемые затраты, условную стоимость под риском недопоставки и сквозную эмиссию метана в единой оптимизационной конструкции, и приведена её полная формальная постановка.

Установлено, что надёжность поставок и выбросы метана связаны эндогенно: конфигурация максимальной надёжности превышает стоимостной оптимум по эмиссии на 31,3 %, а метан-минимальная теряет почти семнадцать процентных пунктов хвостовой надёжности. Введённый индикатор предельной метановой цены надёжности возрастает от 0,091 до 1,525 млн т эквивалента на процентный пункт при движении к границе достижимого множества. Устойчивость выводов подтверждена при возмущении сценарных вероятностей и разброса метаноинтенсивностей на ±50 и ±25 % соответственно.

Компромиссная конфигурация обеспечивает сокращение выбросов на 8,2 % при удорожании на 2,8 % и потере надёжности на 0,81 процентного пункта. Выявлен порог переключения технологического класса флота, различающийся в 2,8 раза в зависимости от горизонта оценки потепления. Показано, что сбор за выбросы метана в отсутствие сопряжённого требования к надёжности в области низких ставок сокращает резервирование поставок, практически не снижая эмиссии.

Литература

1. Zhou C., Ciais P., Mittakola R. T., Zhu B., Su Y., Xu Y. Global Marine LNG Terminals, Tankers & Trade: A High-Resolution AIS-Based Dataset of LNG Trade (2020–2024) // Scientific Data. 2026. Vol. 13. Art. 1153. DOI: 10.1038/s41597-026-07454-2.
2. International Energy Agency. Global Methane Tracker 2026. Paris: IEA, 2026. URL: https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2026 (дата обращения: 10.09.2026).
3. Omara M., Gautam R., O'Brien M. A., Himmelberger A., Franco A., Meisenhelder K., Hauser G., Lyon D. R., Chulakadabba A., Miller C. C., Franklin J., Wofsy S. C., Hamburg S. P. Developing a spatially explicit global oil and gas infrastructure database for characterizing methane emission sources at high resolution // Earth System Science Data. 2023. Vol. 15. P. 3761–3790. DOI: 10.5194/essd-15-3761-2023.
4. Rockafellar R. T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk // The Journal of Risk. 2000. Vol. 2, No. 3. P. 21–41. DOI: 10.21314/JOR.2000.038.
5. Balcombe P., Heggo D. A., Harrison M. Total Methane and CO2 Emissions from Liquefied Natural Gas Carrier Ships: The First Primary Measurements // Environmental Science & Technology. 2022. Vol. 56, No. 13. P. 9632–9640. DOI: 10.1021/acs.est.2c01383.
6. Howarth R. W. The greenhouse gas footprint of liquefied natural gas (LNG) exported from the United States // Energy Science & Engineering. 2024. Vol. 12, No. 11. P. 4843–4859. DOI: 10.1002/ese3.1934.
7. Pratson L. F. Assessing impacts to maritime shipping from marine chokepoint closures // Communications in Transportation Research. 2023. Vol. 3. Art. 100083. DOI: 10.1016/j.commtr.2022.100083.
8. Regulation (EU) 2024/1787 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on the reduction of methane emissions in the energy sector and amending Regulation (EU) 2019/942 // Official Journal of the European Union. 2024. OJ L, 2024/1787, 15.07.2024.
9. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou (eds.). Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2021. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896.
10. Höglund-Isaksson L., Gómez-Sanabria A., Klimont Z., Rafaj P., Schöpp W. Technical potentials and costs for reducing global anthropogenic methane emissions in the 2050 timeframe – results from the GAINS model // Environmental Research Communications. 2020. Vol. 2. Art. 025004. DOI: 10.1088/2515-7620/ab7457.
11. Mavrotas G. Effective implementation of the ε-constraint method in multi-objective mathematical programming problems // Applied Mathematics and Computation. 2009. Vol. 213, No. 2. P. 455–465. DOI: 10.1016/j.amc.2009.03.037.
12. Grönholm T., Mäkelä T., Luoma K., Heikkilä M. Methane and carbon monoxide emissions originating from LNG-powered ships measured at a remote marine station // Marine Pollution Bulletin. 2026. Vol. 232. Art. 120039. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2026.120039.

Low-carbon oil and gas logistics: multi-objective optimization of cost, delivery reliability and methane emissions across the supply chain

Somov A.G., Zhukov V.V., Skvortsov A.V.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, JSC «Avrora Logistika»

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Decisions on supplier diversification, capacity reservation and fleet renewal jointly determine cost, disruption resilience and methane emissions, yet the literature normally treats reliability and emissions as independent. The paper proposes TRILOG, a tri-objective mixed-integer linear programme in which supply risk is quantified using the conditional value-at-risk (CVaR) of unmet demand, while methane is accounted for across the entire chain. The model is specified for maritime LNG supply chains as the most methane-intensive segment and parameterised on a corpus of ten open data sources. An endogenous coupling is identified: the maximum-reliability configuration exceeds the cost optimum in methane emissions by 31.3 %, while the methane-minimal configuration loses almost seventeen percentage points of tail reliability. A Marginal Methane Cost of Reliability (MMCR) indicator is introduced; at the boundary of the attainable set it is 16.7 times higher than in the moderate-reliability range. The compromise configuration delivers an 8.2 percent emission reduction at a 2.8 percent cost increase. A methane emissions charge expressed per tonne of CO2 equivalent is shown to erode supply redundancy already at 50 USD/t while barely reducing emissions.

Keywords: low-carbon logistics, methane emissions, LNG supply chains, multi-objective optimisation, conditional value-at-risk, supply reliability, energy security.

References

1. Zhou C., Ciais P., Mittakola R. T., Zhu B., Su Y., Xu Y. Global Marine LNG Terminals, Tankers & Trade: A High-Resolution AIS-Based Dataset of LNG Trade (2020–2024). Scientific Data. 2026;13:1153. DOI: 10.1038/s41597-026-07454-2.
2. International Energy Agency. Global Methane Tracker 2026. Paris: International Energy Agency; 2026. Available at: https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2026 (accessed September 10, 2026).
3. Omara M., Gautam R., O'Brien M. A., Himmelberger A., Franco A., Meisenhelder K., Hauser G., Lyon D. R., Chulakadabba A., Miller C. C., Franklin J., Wofsy S. C., Hamburg S. P. Developing a spatially explicit global oil and gas infrastructure database for characterizing methane emission sources at high resolution. Earth System Science Data. 2023;15:3761–3790. DOI: 10.5194/essd-15-3761-2023.
4. Rockafellar R. T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk. The Journal of Risk. 2000;2(3):21–41. DOI: 10.21314/JOR.2000.038.
5. Balcombe P., Heggo D. A., Harrison M. Total Methane and CO2 Emissions from Liquefied Natural Gas Carrier Ships: The First Primary Measurements. Environmental Science & Technology. 2022;56(13):9632–9640. DOI: 10.1021/acs.est.2c01383.
6. Howarth R. W. The greenhouse gas footprint of liquefied natural gas (LNG) exported from the United States. Energy Science & Engineering. 2024;12(11):4843–4859. DOI: 10.1002/ese3.1934.
7. Pratson L. F. Assessing impacts to maritime shipping from marine chokepoint closures. Communications in Transportation Research. 2023;3:100083. DOI: 10.1016/j.commtr.2022.100083.
8. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2024/1787 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on the reduction of methane emissions in the energy sector and amending Regulation (EU) 2019/942. Official Journal of the European Union. 2024;L, 2024/1787, 15 July 2024.

Анализ требований к напольным покрытиям, применяемым на путях эвакуации современных амбулаторно-поликлинических учреждений

Ведерникова Алена Андреевна
кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой технологий информационного и математического моделирования, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, alena.wedernikowa@yandex.ru,

Сонина Юлия Эдуардовна
старший преподаватель, кафедры технологий информационного и математического моделирования, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, yusonina@lan.spbgasu.ru

В представленной статье проводится сравнительный анализ напольных покрытий, используемых в амбулаторно-поликлинических учреждениях и отвечающих требованиям действующих в Российской Федерации нормативных документов. Исследование фокусируется на ключевых характеристиках напольных покрытий, применяемых в медицинских учреждениях на путях эвакуации; напольные отделочные материалы оцениваются по следующим критериям: пожарная безопасность, эксплуатационные качества, акустические свойства (звукопроводимость), устойчивость к влаге и обработке дезинфицирующими средствами, долговечность, легкость ремонта и эстетическая привлекательность. Данная статья основывается на изучении актуальной нормативно-правовой базы и на практическом опыте проектирования, связанном с проектированием амбулаторно-поликлинических учреждений (детские и взрослые поликлиники, консультационно-диагностические центры) в Санкт-Петербурге.

Ключевые слова: напольные покрытия, амбулаторно-поликлинические учреждения, керамогранит, линолеум, мармолеум, наливные полы, требования к покрытиям полов.

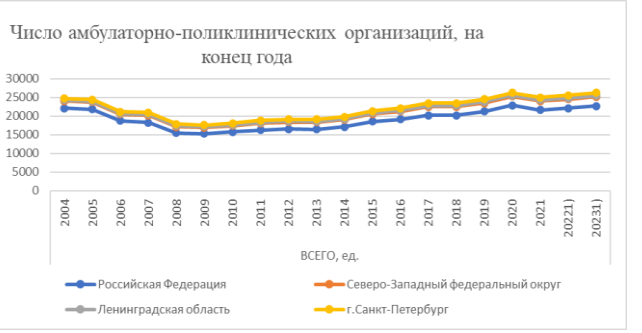
Введение

Первичным звеном системы здравоохранения являются амбулаторно-поликлинические учреждения (АПУ), к которым относятся поликлиники различного назначения (взрослые, детские и специализированные), диагностические центры и фельдшерские пункты. Их основная задача— кроме оказания внебольничной помощи —выявление заболеваний на начальной стадии, профилактические мероприятия, направленные на предотвращение распространения инфекционных болезней, и реабилитация пациентов.

Медицина и фармакология постоянно эволюционируют: происходят структурные изменения в методах оказания амбулаторной помощи, появляются новые виды медицинского обслуживания— использование ИИ, внедрение робототехники, телемедицина и пр.; проводится апробация новых лекарств и протоколов обследования и лечения. Меняется и структура общества: население стареет, а сама культура обращения к медицинской помощи трансформируется в сторону усиления профилактики и стремления диагностировать заболевания на самых ранних сроках.

В 2019 году принимается постановление Правительства РФ № 1304 «О модернизации первичного звена здравоохранения Российской Федерации». Модернизацию первичного звена невозможно провести без капитального ремонта существующих, морально устаревших амбулаторно-поликлинических учреждений, а также строительства новых медицинских зданий, отвечающих современным требованиям.

Если обратиться к статистике строительства новых амбулаторно-поликлинических учреждений в Санкт-Петербурге, Ленинградской области, по Северо-Западному федеральному округу и по Российской Федерации за 2004-2023 годы, то очевиден поступательный рост возведения новых АПУ.[1] [Рисунок 1]



На официальном сайте Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга имеются данные, указывающие на «открытие в Санкт-Петербурге в 2025 году 13-ти новых амбулаторных подразделений и проведения капитального ремонта в 15 учреждениях»

Изменения в обществе и технологический прогресс, затрагивающий сферу медицинского обеспечения, не могут не сказаться на архитектуре новых зданий амбулаторно-поликлинических учреждений. Реализация программы электронной записи к врачу, возможность увидеть результаты анализов с помощью портала «Госуслуги» и другие инновации привели к исчезновению некоторых кабинетов, появлению дополнительных процедурных, а изменения общественных настроений в сторону гуманизации медицины задали тенденцию проектировать амбулаторно-поликлинические здания с расширенными общественно-социальными функциями. Архитекторы стремятся, насколько это возможно в рамках медико-технического задания, увеличивать по площади зоны ожидания, уходить в своих планировочных решениях от коридорной схемы, проектировать детские игровые зоны, планировать поэтажные кафе как место общения, применять смелые дизайнерские решения в оформлении интерьеров.

После начала СВО в 2022 году и объявления ряда санкций часть зарубежных компаний, выпускавших отделочные материалы для общественных зданий, покинула российский рынок, а Постановление Правительства РФ № 719 [2] обязало проектировщиков использовать материалы отечественных производителей на объектах, строящихся за счет средств бюджета.

Стандартное задание на проектирование АПУ в большинстве случаев не содержит конкретных указаний на применение тех или иных отделочных материалов и ограничивается общими ссылками на нормативную документацию. Поэтому архитектору, который занимается проектированием или реконструкцией медицинского учреждения, приходится выбирать отделочные материалы, основываясь на своих знаниях норм, художественном вкусе и опыте проектирования. Выбор необходимо согласовать с заказчиком — городской

администрацией и (или) пользователем—представителем руководства медицинского учреждения. Согласование требует от архитектора ясного представления о том, какие качества отделочных материалов оптимальны для проектируемого или реконструируемого объекта.

Целью данной работы является сравнение наиболее распространенных в строительной практике типов покрытий полов, применяемых для общественных зон (зон эвакуации) амбулаторно-поликлинических учреждений. Авторами использовались методы анализа нормативной документации, регламентирующей строительство и реконструкцию медицинских амбулаторно-поликлинических учреждений, и научной литературы, освещающей вопросы отделки медицинских учреждений, а также практический опыт в проектировании и реконструкции АПУ. Для сравнения напольных покрытий предлагаются характеристики, рассматриваемые в определенной иерархии— от определяющих свойств, позволяющих применять эти материалы в зданиях этой функциональной опасности, до условно менее важных.

Анализ области исследования

Художественный образ интерьера амбулаторно-поликлинического здания формируется за счет самых крупных по площади помещений входной группы: холлов, рекреаций, коридоров и зон ожидания. В ряде исследований, например в работе Назаровой М. П., Барковской А. Ю., Янина К. Д., отмечается, что пространство медицинского учреждения «требует создания гуманной, доброжелательной, благоприятной для лечения и поддержания здоровья человека пространственной среды»[3]. Области применения напольных материалов в медицинских учреждениях посвящен ряд работ отечественных и зарубежных ученых. В исследовании Балакиной А. Е. и Лемпл Ю. И. [4] анализируется возможность применения различных настенных, потолочных и напольных материалов во всех группах помещений медицинского учреждения; изучаются возможности по отделке кабинетов врачей, путей эвакуации (коридоры, лифтовые холлы, лестничные клетки), помещений санитарных узлов и процедурных. В работе Фомина Н. И., Шароваровой Е. П., Сивакова Д. В. [5] рассматриваются отмеченные исследователями упущения в нормативной базе применительно к напольным покрытиям на путях эвакуации в вопросах их степени скользкости. Исследование Чередниченко Т. Ф., Чеснокова О. Г., Севостьянова А. Г., Журбенко М. Д. [6] посвящено наливным полам: проведено их сравнение и сделаны выводы о возможности успешного применения наливных напольных покрытий в медицинских учреждениях. Авторы работы исследуют условия, при которых применение наливных полов целесообразно. Оценка отделочных материалов медицинских учреждений с точки зрения их гигиенических качеств и влияния на самочувствие пациентов рассмотрена в работе Неменко Б. А., Арынова Г. А., Илиясова А. Д. [7]. В статье приводятся данные о нечастом использовании медицинских линолеумов в странах Западной Европы, несмотря на легкость их монтажа и внешнюю привлекательность. В исследовании, проведенном Gupta, S., Sidhu, S.S., Chatterjee, S., Malviya, A., Singh, G., Chanda, A. [8], изучается зависимость между травмами и несчастными случаями в больницах, связанных с поскальзыванием медицинского персонала или посетителей, и фактурой поверхности полов (исследование проводилось для плиточных полов). Ряд исследователей: Дмитриева В. В. [9], Рафаелян О. К., Марченко М. Н. [10] — рассматривают влияние дизайна интерьера медицинского учреждения на самочувствие пациента.

Опираясь на эти многочисленные работы, архитектору, проектирующему АПУ, трудно осуществить выбор напольного покрытия без понимания связи материала с назначением медицинского учреждения. Например, возникают вопросы: какие напольные покрытия предпочтительнее использовать в детской поликлинике? Какой пол лучше применить в коридорах и рекреациях психоневрологического диспансера? Как напольное покрытие взрослой поликлиники влияет на самочувствие ее посетителей и сказывается на комфортной работе врачебного персонала?

Для ответа на эти вопросы были отобраны свойства полов, которые, по мнению авторов, целесообразно рассматривать в определенной последовательности: пожарно-технические характеристики, степень скользкости, устойчивость к санитарной обработке, звукопроводимость, долговечность, легкость проведения ремонта, эстетические качества.

Нормативные требования к напольным покрытиям медицинских учреждений

Путь посетителя в АПУ начинается с вестибюля. Посетители проходят в гардероб, регистратуру, поднимаются по лестницам или лифтам и попадают в коридоры-рекреации, которые являются зонами ожидания перед кабинетами врачей. Все вышеуказанные помещения являются не просто вертикальными и горизонтальными коммуникациями в здании, но и путями эвакуации, к которым должны применяться определенные противопожарные требования [11].

Требования к напольным покрытиям зафиксированы в следующих документах:

Определяющим качеством напольных материалов, которое позволяет рассматривать возможность их применения в медицинском учреждении, является их соответствие нормам, изложенным в ФЗ № 123. Эти нормы сводят выбор напольных отделочных покрытий к четырем вариантам: керамограниту, линолеуму, мармолеуму и наливному полу.

Таблица 1
Нормативные документы, содержащие информацию о напольных покрытиях

Нормативный документ	Нормы и свойства материалов, регламентированные в документе
Федеральный закон от № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [12] (далее ФЗ №123);	Общие требования безопасности материалов, связанные с их пожарными характеристиками;
СП 158.13330.2014 «Свод правил. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования» [13] (далее СП 158);	Регулирование травмоопасных ситуаций, связанных с фактурой пола, нормирование использования определенных материалов полов в помещениях различного назначения;
СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [14] (далее СанПин 1.2.3);	Гигиенические нормативы пребывания посетителей общественного здания и персонала на рабочих местах (степень освещенности, шума, вибрации, загрязнения воздуха и пр.)
СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [15] (далее СП 51);	Требования к звукопроводимости материалов
СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации» [16] (далее СП 255);	Нормирование степени долговечности, энергоэффективности и безопасной эксплуатации здания
СП 2.1.3678-20. «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг» [17] (далее СанПиН 2.1.3);	Требования к механической резистентности материалов, к обработке моющими средствами, правила проведения уборки
ГОСТ Р 55908-2013 «Полы. Метод оценки скользкости покрытия» [18] (далее — ГОСТ).	Нормирование степени скользкости материала пола;

Анализ нормативных требований

Статья 32 Федерального закона №123 «Классификация зданий, сооружений и пожарных отсеков по функциональной пожарной опасности» относит медицинские учреждения к классу функциональной пожарной опасности Ф3.4. [12]. Для понимания возможности использования тех или иных напольных покрытий на путях эвакуации необходимо воспользоваться таблицей 28 «Область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации», которая регламентирует показатели пожарной опасности для покрытий полов в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах, общих коридорах, холлах и фойе. Согласно этой таблице для зданий, относящихся к классу функциональной пожарной опасности Ф3.4 и имеющих любую этажность, показатели пожарной опасности покрытий полов для вестибюлей, лестничных клеток, лифтовых холлов и общих коридоров определены как: В2, Д3, Т2, РП2 (воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность, распространение пламени).

Керамогранит является натуральным материалом, имеющим долгую предысторию использования. Состав керамогранита варьируется в зависимости от методик, разработанных заводом-производителем, но в целом это глина, кварцевый песок, полевой шпат и каолин. Температура обжига керамогранита должна быть не менее 1200 °С. Если сравнить температуру обжига керамогранита со средней температурой пожара (300-900°С), то можно смело характеризовать этот материал, как негорючий.

Линолеум изобрели в конце XVII века, а промышленное производство освоили в Англии в конце XIX века. Основой современного медицинского линолеума служит ПВХ. Для создания различных фактур синтетического линолеума в него добавляют пластификаторы и микромрамор. ПВХ — чрезвычайно токсичный материал, который при горении сильно дымит, выделяя в атмосферу опасные диоксины. Воспламенение синтетического линолеума происходит при температуре 450 °С. Для путей эвакуации разработаны специальные виды негорючих линолеумов, которые быстро гаснут при ликвидации источника возгорания; тем не менее избежать выделения вредных веществ при пожаре невозможно.

Мармолеум можно считать родоначальником синтетического линолеума. Это натуральный материал, не содержащий ПВХ. Для придания ему износостойкости при применении в помещениях с большой проходимостью его обрабатывают металл-полиакрилатной мастикой. Температура вспышки этой мастики— примерно 240-300 °С.

Состав наливных полов варьируется в зависимости от их характеристик, но в целом они состоят из эпоксидных смол, минеральных или полимерных составов, наполнителей и модификаторов. Наливные полы плавятся при высоких температурах: процесс наступает при температуре 100 °С.

Таким образом, если сравнивать напольные материалы по пожарным свойствам, то, несмотря на то что все они могут иметь характеристики по воспламеняемости, дымообразующей способности и токсичности допустимые по ФЗ № 123, оптимальным материалом является керамогранит, обеспечивающий безусловную безопасность.

Рассмотрим характеристики напольных покрытий, регламентированные СП 158 и СанПиН 1.2.3

Таблица 2
Требуемые характеристики напольных покрытий по СП 158.

№	Характеристики
1	Отсутствие скользкости;
2	Водонепронецаемость;
3	Удобство для транспортировки больных;
4	Герметичность примыкания стены и пола;
5	Характеристика, относящаяся только к полам из линолеума: заведение края пола на стену на высоту 10-15 см и герметичная заделка стыка листов материала;

Таблица 3
Требуемые характеристики напольных покрытий по СанПиН 1.2.3

№	Характеристики
1	Гладкость поверхности;
2	Отсутствие дефектов;
3	Легкодоступность для влажной уборки;
4	Устойчивость к обработке моющими и дезинфицирующими средствами

Поскальзывание на полу – одна из самых частых травм посетителей и персонала медицинских учреждений. Степень скользкости покрытия определяют по стандарту DIN 51130, разработанному в Германии [19]. Для медицинских учреждений допустим класс антискольжения R12. Фактура керамогранитного покрытия АПУ, где предполагается наличие детей, пожилых людей или людей с ментальными или психическими проблемами, должна быть только матовой. Мармолеум, будучи натуральным материалом, всегда имеет шероховатую поверхность. Для минимизации скользкости линолеума ему придают рифленую поверхность. Класс антискольжения наливного пола может меняться в широком диапазоне в зависимости от состава материала и технологии укладки. Скользкость минимизируют полимерные добавки.

Рассмотрим свойства керамогранита, мармолеума, линолеума и наливного пола с точки зрения их водонепроницаемости и стойкости к обработке дезинфицирующими средствами.

Керамогранит достаточно стоек к моющим средствам. Его возможно обрабатывать хлорсодержащими растворами, соблюдая осторожность, но наличие швов между плитками и вымывание затирки со временем приводит к скоплению бактерий. Линолеум, мармолеум и наливной пол не рекомендуют обрабатывать хлорсодержащими растворами — самыми распространенными и дешёвыми средствами уборки в медицинских учреждениях. В соответствии с СанПиН 2.1.3 «санитарная обработка должна осуществляться не менее 2 раз в сутки с использованием моющих и дезинфицирующих средств» (п. 11 «Санитарное содержание помещений, оборудования, инвентаря»). Соответственно, для проведения уборки помещений с покрытием из линолеума, мармолеума или наливного пола необходимо использовать средства без хлора. Для мытья полов из этих материалов используют специальные моющие средства, разработанные конкретно для каждого вида напольного покрытия. Материалы не дешевы, и при работе требуется определенная квалификация.

Линолеум и мармолеум кусковые материалы, и со временем, даже при грамотной обработке и герметизации стыков полотен, края пола могут начать задираться. Такие дефекты могут послужить причиной травмы и стать местом скопления бактерий. Гомогенные линолеумы или мармолеумы, используемые в медицинских учреждениях, впитывают грязь в силу структуры их шероховатой поверхности, поэтому для нивелирования этих свойств перед началом эксплуатации применяют специальные акриловые покрытия. Стоимость акриловых покрытий достаточна высока, и работа по нанесению дополнительного покрытия значительно увеличивает сметные расходы на строительство.

Наливные полы чрезвычайно чувствительны к воздействию химических веществ. При их обработке не рекомендуют использовать кислоты, щелочи и растворители. При использовании этих средств наливные полы могут потерять блеск, поблёкнуть, а если вода попадёт под слой наливного пола, то могут образоваться видимые дефекты, что крайне испортит интерьер и вынудит организацию выполнять дорогостоящий ремонт. В медицинских учреждениях предлагается использовать химически стойкие наливные полы, но их стоимость очень высока.

Важным критерием напольных материалов является звукопроводимость. Основным источником шума в здании являются инженерно-технические помещения (вентиляционные камеры) и короба вентиляционных каналов, которые проходят через все этажи. Пути эвакуация — это места большей скученности посетителей, передвижение которых создаёт ударный шум. Линолеум и мармолеум сами по себе являются звукопоглощающими материалами, а керамогранит и наливной пол мало поглощают звук и на больших пространствах могут давать эффект эха.

Таблица №4
Звукопоглощающие свойства покрытий пола

Материалы	Коэффициент звукопоглощения на частотах, Гц		
	125	500	2000
Линолеум, мармолеум	0,02	0,03	0,04
Керамогранит	0,01	0,01	0,02
Наливной пол	0,02	0,06	0,18

Обычно в проекте медицинского амбулаторного учреждения на путях эвакуации закладывают шумозащитный слой, например «Шуманет». Линолеум и мармолеум, благодаря высоким коэффициентам звукопоглощения, не требуют использования на путях эвакуации дополнительных слоев шумозащиты.

СП 255 регламентирует различные сроки службы зданий. В частности, медицинские здания относятся к «зданиям (сооружениям) массового строительства в обычных условиях эксплуатации». Расчетный срок службы таких зданий составляет не менее 50 лет. Исходя из этого эксплуатационные характеристики отделочных материалов АПУ должны соответствовать повышенным требованиям. Классы износостойкости напольных материалов оцениваются по шкале PEI (Porcelain Enamel Institute).

Таблица №5
Срок службы по шкале PEI

№	Наименование	Срок службы
	Керамогранит	30-50 лет
	Линолеум/мармолеум	25 лет
	Наливной пол	10-20 (тонкослойный)/20(многослойный)/25 (с армирующими компонентами)

Вопрос долговечности напольного материала непосредственно связан с вопросом ремонта. При механическом повреждении керамогранита достаточно заменить плитку, а вот вставки кусков линолеума или мармолеума уже нельзя сделать незаметными, и появляющиеся дополнительные швы могут испортить восприятие интерьера. Что касается наливных полов, то в случае повреждения участка пола требуется полный ремонт всего помещения: коридора, холла или рекреации.

Важным аспектом качества интерьера является эстетическая составляющая напольных материалов и качество исполнения внутренней отделки. Формируя художественный замысел интерьера, архитектор или дизайнер, должен соотнести свою идею с возможностями материала. Например, если планируется прямолинейный рисунок пола или отсутствие рисунка, то лучше взять материал с меньшим количеством швов и стыков; а если в задумке дизайна имеются плавные, перетекающие линии разных цветов, то лучше использовать наливные полы, так как нанесение краски происходит непосредственно на пол, что облегчает выполнение отделочных работ. Неочевидным свойством пола, к которому также может предъявить требования заказчик, может оказаться бликование при свете. Люди с ментальными особенностями могут потерять ориентацию в пространстве из-за бликов и отражений в полу и травмироваться.

Подводя итог вышеизложенному, можно сформировать таблицу, где условными баллами, предложенными авторами исследования, оценены различные описанные выше характеристики.

Таблица №6
Сводная таблица свойств материалов

Характеристики	Тип пола			
	Керамогранит	Линолеум	Мармолеум	Наливной пол
Пожарная безопасность по признакам В, Д, Т, РП	+++	++	++	+++
Скользкость покрытия	+++	+++	++	+++
Легкодоступность для влажной уборки и устойчивость к обработке моющими и дезинфицирующими средствами.	+++	++	+	++
Истираемость и долговечность	+++	++	++	++
Звукопоглощение	+	+++	+++	+
Простота ремонта и обслуживания	+++	++	++	+
Итого	16	14	12	12

Выводы

На основании данных, приведенных в исследовании, можно прийти к следующим выводам:

Все предложенные материалы соответствуют регламенту ФЗ №123 и могут быть использованы на путях эвакуации в медицинских учреждениях, но возможность их использования необходимо сопоставить с функцией амбулаторно-поликлинического учреждения и с контингентом, для которого проектируется здание. Например, керамогранит и наливной пол будут подходящим решением для АПУ для взрослых, а линолеум или мармолеум — для детских лечебных учреждений или учреждений для людей с ментальными или физическими проблемами;

До начала проведения этапа согласования выбранных архитектором напольных материалов необходимо иметь ясное представление о художественном замысле интерьерных решений амбулаторно-поликлинического учреждения и предполагать наличие или отсутствие рисунка пола;

Необходимо предоставить заказчику все имеющиеся у архитектора сведения о степени звукопроводимости материалов, степени их стойкости к обработке хлорсодержащими веществами и возможных сложностях при выполнении ремонтных работ;

На стадии согласования объемно-планировочных решений и утверждения материалов необходимо провести оценку стоимости напольных материалов, учитывая все необходимые пропиточные слои, которые нужно наносить во избежание порчи пола, а также учитывать необходимость устройства дополнительной звукоизоляции по всей площади напольного покрытия для предотвращения ударного шума и использования специальных дорогостоящих средств для уборки и восстановления цвета и фактуры напольных покрытий.

Литература

1. Здравоохранение в России. 2025 : статистический сборник. — М. : Росстат, 2025. — 149 с.
2. Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства российской промышленной продукции». — М. : [б. и.], 2015.
3. Назарова, М. П. Социокультурные аспекты организации архитектурного пространства для медицинской деятельности / М. П. Назарова, А. Ю. Барковская, К. Д. Янин // Logos et Praxis. — 2015. — № 2. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnye-aspekty-organizatsii-arhitekturnogo-prostranstva-dlya-meditsinskoy-deyatelnosti
4. Балакина, А. Е. Анализ требований к современным отделочным материалам в решениях интерьеров «чистых помещений» медицинских учреждений / А. Е. Балакина, Ю. И. Лемпл // Инновации и инвестиции. — 2021. — № 5. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-trebovaniy-k-sovremennym-otdelochnym-materialam-v-resheniyah-interierov-chistyh-pomescheniy-meditsinskih-uchrezhdeniy
5. Фомин, Н. И. Проблемы нормативного обеспечения требований к покрытиям полов на путях эвакуации / Н. И. Фомин, Е. П. Шароварова, Д. В. Сиваков // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2025. — № 3 (66). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-normativnogo-obespecheniya-trebovaniy-k-pokrytiyam-polov-na-putyah-evakuatsii
6. Применение полимерных напольных покрытий при устройстве промышленных полов различного назначения / Т. Ф. Чередниченко, О. Г. Чеснокова, А. Г. Севостьянова, М. Д. Журбенко // Инженерный вестник Дона. — 2022. — № 12 (96). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-polimernyh-napolnyh-pokrytiy-pri-ustroystve-promyshlennyh-polov-razlichnogo-naznacheniya
7. Неменко, Б. А. Гигиеническая оценка новых строительных материалов и их влияние на здоровье населения / Б. А. Неменко, Г. А. Арынова, А. Д. Илиясова // Вестник КазНМУ. — 2014. — № 3-1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-novyh-stroitelnyh-materialov-i-ih-vliyanie-na-zdorovie-naseleniya-1
8. Effect of floor coatings on slip-resistance of safety shoes / S. Gupta, S. S. Sidhu, S. Chatterjee [et al.] // Coatings. — 2022. — Vol. 12, № 10. — Art. 1455. — URL: https://doi.org/10.3390/coatings12101455.
9. Дмитриев, В. В. Напольные покрытия как неотъемлемая часть интерьера медицинских учреждений // Поликлиника. — 2015. — № 4-3. — С. 18–20. — URL: https://poliklin.ru/imagearticle/20154(3)/18-20.pdf
10. Рафаелян, О. К. Влияние дизайна интерьера лечебных клиник и больниц на людей / О. К. Рафаелян, М. Н. Марченко // Дизайн и архитектура: синтез теории и практики : сборник научных трудов, Краснодар, 17–22 апреля 2023 г. — Краснодар : Кубанский государственный университет, 2023. — С. 276–279.
11. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. — М. : МЧС России, 2020. — 128 с.
12. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» : [принят Государственной Думой 4 июля 2008 г.]. — М. : [б. и.], 2008. — 124 с.
13. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования. — М. : Стандартинформ, 2014. — 128 с.
14. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. — М. : [б. и.], 2021. — 988 с.
15. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. — М. : Министерство регионального развития Российской Федерации, 2011. — 42 с.
16. СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения. — М. : Стандартинформ, 2017. — 31 с.
17. СП 2.1.3678-20. Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг. — М. : [б. и.], 2021. — 107 с.
18. ГОСТ Р 55908-2013. Полы. Метод оценки скользкости покрытия. — М. : Стандартинформ, 2019. — 16 с.
19. DIN 51130:2014-02. Покрытия полов. Испытания. Определение противоскользящих свойств. Покрытия полов в рабочих помещениях и рабочих зонах. Испытание на скольжение по наклонной плоскости с повышенной степенью скольжения. — Berlin : Beuth, 2014. — 12 с.

Analysis of Requirements for Flooring Used in Evacuation Routes of Modern Outpatient and Polyclinic Facilities

Vedernikova A.A., Sonina Yu.E.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article presents a comparative analysis of flooring materials used in outpatient and polyclinic facilities that comply with the regulatory requirements currently in force in the Russian Federation. The study focuses on the key characteristics of flooring used along evacuation routes in medical facilities. The materials are evaluated based on the following criteria: fire safety, operational performance, acoustic properties (sound transmission), resistance to moisture and disinfection treatments, durability, ease of repair, and aesthetic appeal. The article is based on an examination of the current regulatory framework and practical design experience gained from projects involving outpatient and polyclinic facilities (clinics for children and adults, as well as consultation and diagnostic centers) in Saint Petersburg.

Keywords: flooring, outpatient and polyclinic facilities, porcelain stoneware, linoleum, Marmoleum, self-leveling floors, requirements for flooring materials.

References

1. Healthcare in Russia. 2025 : Statistical Handbook. — Moscow : Rosstat, 2025. — 149 p.
2. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 719 of July 17, 2015 "On Confirmation of the Production of Russian Industrial Products". — Moscow : [s. n.], 2015.
3. Nazarova, M. P. Sociocultural Aspects of Organizing Architectural Space for Medical Activities / M. P. Nazarova, A. Yu. Barkovskaya, K. D. Yanin // Logos et Praxis. — 2015. — No. 2. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnye-aspekty-organizatsii-arhitekturnogo-prostranstva-dlya-meditsinskoy-deyatelnosti
4. Balakina, A. E. Analysis of Requirements for Modern Finishing Materials in Interior Solutions of "Clean Rooms" of Medical Institutions / A. E. Balakina, Yu. I. Lempl // Innovations and Investments. — 2021. — No. 5. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-trebovaniy-k-sovremennym-otdelochnym-materialam-v-resheniyah-interierov-chistyh-pomescheniy-meditsinskih-uchrezhdeniy
5. Fomin, N. I. Problems of Regulatory Support for Requirements for Floor Coverings on Evacuation Routes / N. I. Fomin, E. P. Sharovarova, D. V. Sivakov // Academic Bulletin of UralNIIproekt RAACS. — 2025. — No. 3 (66). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-normativnogo-obespecheniya-trebovaniy-k-pokrytiyam-polov-na-putyah-evakuatsii
6. Application of Polymer Floor Coverings in the Construction of Industrial Floors for Various Purposes / T. F. Cherednichenko, O. G. Chesnokova, A. G. Sevostyanova, M. D. Zhurbenko // Engineering Bulletin of the Don. — 2022. — No. 12 (96). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-polimernyh-napolnyh-pokrytiy-pri-ustroystve-promyshlennyh-polov-razlichnogo-naznacheniya
7. Nemenko, B. A. Hygienic Assessment of New Construction Materials and Their Impact on Public Health / B. A. Nemenko, G. A. Arynova, A. D. Iliyasova // Bulletin of KazNMU. — 2014. — No. 3-1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-novyh-stroitelnyh-materialov-i-ih-vliyanie-na-zdorovie-naseleniya-1

Сравнительный анализ САПР и PLM-систем автоматизации для применения проектно-исследовательской деятельности

Тедорадзе Теона Гуладиевна
кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, Кубанский государственный технологический университет, tedoradze.t@mail.ru,

Михайлова Лидия Евгеньевна
кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, Кубанский государственный технологический университет, lidja1@mail.ru

В условиях современного высокотехнологичного общества возрастает потребность в специалистах, обладающих креативным мышлением, инициативностью и способностью решать нестандартные задачи, а также формулировать новые перспективные цели. В связи с этим одним из перспективных методов для побуждение у студентов технических и творческих навыков является применение метода проектов, в частности, технических проектов. Целью настоящего исследования является проведение комплексного сравнительного анализа функциональных возможностей современных CAD/CAE-систем и определение эффективности внедрения концепции PLM как инструмента стратегического управления техническими проектами.
Теоретическая значимость данного исследования заключается в том, что полученные результаты могут служить основой для формирования и развития компетенций, связанных с осуществлением современных технических проектов. Практическая значимость заключается в сравнительном анализе двух ключевых систем автоматизации САПР и PLM, которые ориентирован на автоматизацию и конструирования моделей, с целью формирования у обучающихся компетенций, связанных с реализацией технических проектов. Методологическая основа исследования базируется на использовании компетентностного подхода, который интерпретирует компетенцию организации технического проекта, как неотъемлемую составляющую профессиональной идентичности личности; деятельностного подхода, рассматривающего проектную деятельность как ключевой механизм для развития компетенций в области технического проекта; социологического подхода, предполагающего образовательную среду, включая университетские среды, в качестве важнейшего внешнего фактора, способствующего личностному развитию обучающихся; квалиметрического подхода, подчеркивающего необходимость многопараметрической диагностики потенциала образовательной среды для определения её эффективности. В качестве методов исследования применялись анализ передового педагогического опыта в организации технической деятельности студентов.
Ключевые слова: проектная деятельность, технический проект, анализ, формирование, образовательная среда.

Введение

В условиях перехода к высокотехнологичному укладу наблюдается необходимость в специалистах, обладающих не только фундаментальной подготовкой, но и развитым креативным мышлением, способностью к решению нестандартных задач и формулированию инновационных целей. Современная дидактика профессионального образования должна переориентироваться с репродуктивной модели обучения на проектную деятельность. Данный подход позволяет студентам интегрировать теоретические знания из области физики, математики и механики в практическую плоскость создания реальных объектов, таких как разработка малых космических аппаратов, где требуется расчет центров масс, баланс энергии, площади фотоэлектрических преобразователей и алгоритмов ориентации, автоматизации и подготовка документов на эксплуатацию моделей [6].

Анализ современных дидактических концепций в соотношении формирования проектно-исследовательской компетентности характеризуется выраженным преобладанием положительных мнений в научно-педагогической среде. Со стороны сторонников инновационных образовательных практик отмечается высокая эффективность применения технических проектов для развития аналитического мышления, креативного потенциала и операциональных навыков обучающихся [7].

Метод технических проектов детерминирует развитие субъектной позиции, личностной ответственности и межличностной коммуникации обучающихся. Это становится императивным условием их успешной адаптации в современном информационном и высокотехнологичном обществе Особое значение имеет цифровое взаимодействие, использование информационных технологий, цифровых инструментов, систем управления при выполнении технических проектов, которое расширяет возможности образовательного процесса и создает современные условия для организации эффективного взаимодействия между преподавателем и студентами [1].

Для выполнения проектной деятельности по созданию различных узлов и агрегатов атомного и теплоэнергетического машиностроения, конструирования функциональных элементов технических систем с интеграцией средств автоматизации и протоколов информационного обмена необходимы навыки, которые направлены на обеспечение принципов производственной и экологической безопасности, также необходимо умение применять методы вычислительного эксперимента и пакеты прикладных программ для математического описания гидродинамических, тепловых и физических процессов в исследовательских установках [2].

Выполняя технический проект, студенты приобретают навык выражать технические мысли с помощью языка графики, который является важным для будущих инженеров. В процессе обучения студенты формируют компетенции с фундаментальными научными исследованиями и требованиями ЕСКД выполняя чертежи приборов, машин и технологических процессов, а также при изучении алгоритмов образования сложных поверхностей, изготовление заготовок и формообразование деталей в среде КОМПАС-3D [4].

Однако реализация сложных технических проектов выявляет критический разрыв между процессом генерации геометрии изделия и управлением сопутствующей информацией [5]. Традиционные системы автоматизированного проектирования (САПР/CAD), фокусирующиеся преимущественно на создании чертежей и твердотельных моделей, перестают удовлетворять требованиям современной промышленности. Возникает потребность в системах управления жизненным циклом продукции «Product Lifecycle Management» (PLM), обеспечивающих непрерывность информационного потока (digital thread) от концептуального эскиза до утилизации готового изделия [3].

Результаты анализа

Технический проект представляет собой формализованный комплекс документации, описывающий конструкцию изделия как целостная физическая система. В процессе его реализации формируется расширенный состав изделия, который динамически дополняется данными от конструкторов, технологов и специалистов по надежности. После завершения производства эта информационная база становится фундаментом для сервисного обслуживания, оформления под требования и последующей модернизации.

Ключевой проблемой современного высокотехнологичного производства является отсутствие оперативного мониторинга состояния ресурсов и сроков выполнения этапов разработки. Решение данной проблемы лежит в плоскости внедрения интегрированных комплексов CAD/CAM/CAE/CAPP. В отличие от изолированного использования трехмерных редакторов, данные комплексы позволяют оперировать полноценной цифровой моделью изделия. Такая модель инкорпорирует не только метрические параметры, но и результаты прочностных расчетов (МКЭ/FEM), карты техпроцессов, управляющие программы для станков с ЧПУ и электронные спецификации.

Исторически данный процесс эволюционировал от простых электронных архивов 1980-х годов к современным PDM-системам (Product Data Management), которые сегодня трансформируются как полномасштабные PLM-платформы. Последние систематизируют сведения на протяжении

всего срока эксплуатации изделия, обеспечивая актуальность данных для всех участников цепочки создания стоимости.

Выбор конкретного программного обеспечения класса САПР детерминируется многочисленностью задач, отраслевыми стандартами и совокупной стоимостью владения (TCO) и не зависит от аппаратными требованиями.

Авторами настоящего исследования был проведен таксономический анализ программных комплексов класса (CATIA, SolidWorks, КОМПАС-3D, Inventor) и универсальных платформ (AutoCAD), которые в основном используются при выполнении технических проектов.

Анализ показал гетерогенность требований к вычислительной инфраструктуре. Если AutoCAD сохраняет работоспособность на средних конфигурациях, то системы поверхностного моделирования и работы со сложными сборками CATIA и Inventor требуют значительных объемов оперативной памяти (до 32 ГБ) и высокопроизводительных графических ускорителей профессионального уровня. Сложность освоения варьируется от средней КОМПАС-3D до экспертной CATIA, что коррелирует с глубиной параметризации ядра.

Современная САПР трансформируется как междисциплинарную платформа. Помимо базового редактирования геометрии, критически необходимыми становятся следующие модули:

Инженерные расчеты (CAE), который базируются на численных методах, в первую очередь на методе конечных элементов (МКЭ). Для высокопроизводительных мультифизических расчётов ключевой является экосистема Dassault Systèmes (CATIA/SIMULIA), использующая высокоточный решатель Abaqus. Платформа Autodesk Inventor используется для выполнения прочностных и тепловых анализов, который опирается на вычислительное ядро Nastran. Среди российских решений КОМПАС-3D чаще всего задействует встроенный модуль APM FEM, но также поддерживает сопряжение со сторонними расчетными комплексами.

Методологией (CAE) является верификация напряженно-деформированного состояния, оценка коэффициента запаса прочности. Экспертный уровень имеет CATIA, который означает глубокую интеграцию решателя Abaqus, поддерживающий нелинейные модели материалов и контактного взаимодействия. Продвинутый уровень имеет SolidWorks, представляет нативный модуль статического анализа, собственной частоты и устойчивости. Базовый уровень КОМПАС-3D предполагает реализацию через внешние ассоциативные модули для расчета конструкций по методологии МКЭ. Высокий уровень Autodesk Inventor в котором встроенный решатель Nastran In-CAD, подразумевает что используется для комплексного линейного и нелинейного анализа. Для AutoCAD характерен минимальный уровень средств проверки геометрии, а также требует экспорта данных в сторонние CAE-пакеты.

Моделирование пространственных механизмов (Кинематика и динамика). Выполняет расчет траекторий, кинематических пар, инерционных нагрузок и силовых факторов. Экспертный уровень имеет CATIA выполняет полнофункциональное моделирование многозвенных динамических систем. Продвинутый уровень имеет SolidWorks и анализирует движения сборок (Motion Analysis). КОМПАС-3D кинематику и динамику реализует посредством внешних приложений или упрощенного сопряжения ограничений. Autodesk Inventor имеет продвинутый уровень, это среда динамического анализа сборок. А у AutoCAD отсутствует как встроенная функция.

Тепловой анализ (Conduction/Convection/Radiation), вычислительная гидродинамика (CFD) выполняет симуляцию температурных полей и ламинарно-турбулентных течений. У CATIA экспертный уровень и имеет специализированные решатели для мультифизичных задач и сложных сред. SolidWorks имеет продвинутый уровень интегрированного пакета Flow Simulation. КОМПАС-3D требует интеграциию со специализированными расчетными комплексами. А у Autodesk Inventor доступно через интеграцию с экосистемой Autodesk CFD и AutoCAD не поддерживает.

Моделирование технологических процессов (CAM/CAPP). Цифровизация подготовки производства строится на интеграции систем классов CAM (Computer-Aided Manufacturing) и CAPP (Computer-Aided Process Planning). Эти инструменты создают полноценных цифровых двойников цехов и технологических линий. Например, платформа DELMIA выполняет детальную симуляцию съема материала, который позволяет заранее обнаружить столкновения инструмента с заготовкой или элементами станка, проверить траекторию движения осей оборудования и оптимизировать управляющую программу ещё до запуска реального оборудования. SolidWorks выполняет симуляцию многоосевой обработки и контроля столкновений на продвинутом уровне. На высоком уровне выполняет симуляцию фрезерной, токарной и лазерной обработки Inventor HSM. А базовому уровню относится AutoCAD, который работает без полноценной симуляции удаления материала.

Оптимизационный синтез в контексте инженерного проектирования - это вычислительный процесс, который определяет алгоритмы топологической оптимизации (Shape Generator) и параметрическая оптимизация конструкции согласно заданным целевым функциям при соблюдении граничных условий. Применяется для снижения массы конструкций для сохранения жесткостных характеристик, повышение энергоэффективности, сокращение времени разработки и количества прототипов. По алгоритмам оптимизации топологии на уровне микроструктуры материала CATIA имеет экспертный уровень. Autodesk Inventor высокий уровень по инструментам параметрической оптимизации (Shape Generator). SolidWorks имеет продвинутый уровень в исследованиях проектных пространств (Design Study). У КОМПАС-3D ограниченная функциональность, оптимизацию реализует через макросы и внешние утилиты, а у AutoCAD не поддерживает.

6. Производственная логистика и литье - это процессы анализа течения расплава, прогнозирование усадочных раковин, пористости и коробления отливок и планирование последовательности сборки. У CATIA по производственной логистике экспертный уровень и встроенная функция (DELMIA) выполняет виртуальное производство и эргономику рабочих мест. SolidWorks имеет продвинутый уровень по инженерии полимерных (Plastics) изделий и пресс-форм. КОМПАС-3D решает производственную логистику средствами смежных специализированных систем класса CAE/CAPP. А для Autodesk Inventor доступно через сторонние плагины и отраслевые решения, и AutoCAD не поддерживает.

7. Управление данными об изделии обеспечивается системами PDM/PLM. В них CATIA имеет глубокую нативную интеграцию. Это бесшовная ассоциация геометрической модели с нормативно-справочной информацией, управление конфигурациями и жизненным циклом. В котором CATIA имеет глубокую нативную интеграцию с платформой ENOVIA. SolidWorks интеграцию с платформой 3DEXPERIENCE и локальными PDM-системами, КОМПАС-3D с системой управления инженерными данными предприятия, Autodesk Inventor тесно связана с облачными платформами Fusion 360 Manage и Vault, тогда как AutoCAD имеет базовую интеграцию с общими файловыми менеджерами и внешними PDM.

Таблица 1

Функционально-аналитический профиль специализированных модулей и системной интеграции САПР

Функция	CATIA	SolidWorks	КОМПАС-3D	Autodesk Inventor	AutoCAD
Инженерный анализ (CAE)	Экспертный уровень	Продвинутый уровень	Базовый уровень	Высокий уровень	Минимальный уровень
Кинематика и динамика	Экспертный уровень	Продвинутый уровень	Реализуется посредством внешних приложений	Продвинутый уровень	Отсутствует как встроенная функция
Термодинамика и гидрогазодинамика	Экспертный уровень	Продвинутый уровень	Требует интеграции	Доступно через интеграцию	Не поддерживается
Оптимизационный синтез	Экспертный уровень	Продвинутый уровень	Ограниченная функциональность	Высокий уровень	Не поддерживается
Моделирование технологических процессов CAPP/CAM	Экспертный уровень DELMIA	Продвинутый уровень CAM	Поддерживается через партнерские CAM -решения	Высокий уровень	Базовая подготовка траекторий AutoCAD Mechanica
Производственная логистика и литье	Экспертный уровень DELMIA	Продвинутый уровень	Решается средствами смежных специализированных систем	Доступно через сторонние плагины и отраслевые решения	Не поддерживается
Управление данными об изделии PLM/PDM	Глубокая нативная интеграция с платформой ENOVIA	Интеграция с платформой 3D EXPERIENCE и локальными PDM-системами	Нативная интеграция с системой управления инженерными данными предприятия	Тесная связка с облачной платформой Fusion Manage и Vault	Базовая интеграция с общими файловыми менеджерами и внешними PDM

Уровень реализации функционала «Экспертный», «Продвинутый», «Базовый» определен исходя из степени нативной интеграции математических ядер, полноты охвата физико-механических моделей и наличия предиктивных аналитических инструментов внутри единой информационной среды программного комплекса. Для предприятий, работающих в российской юрисдикции, первостепенное значение имеет поддержка стандартов ЕСКД/ГОСТ, что является конкурентным преимуществом КОМПАС-3D. Для глобальных корпораций приоритетны возможности совместной работы Collaborative Engineering, облачные репозитории и наличие открытого API для интеграции с ERP-системами например, 1С или SAP.

Если САПР отвечает на вопрос «Как спроектировать?», то PLM отвечает на вопросы «Что проектируем, зачем и кто за это отвечает?». PLM дефинируется как бизнес-стратегия и процесс управления портфелем продуктов от идеи до утилизации.

Фундаментальным отличием PLM от локальных файловых хранилищ является концепция единого достоверного источника SSOT (Single Source of Truth), система которая обеспечивает автоматическую версию объектов. Любое изменение размера детали в CAD-модуле инициирует каскадное обновление всей связанной документации, ведомостей покупных изделий и уведомляет смежные подразделения. Это элиминирует ошибки, связанные с использованием устаревших версий чертежей.

Таблица 2
Функциональный анализ концепции управлении жизненным циклом продукта PLM

Аспект	Функциональность
Терминологическая дефиниция	Полисемантическая категория, представляющая собой калькированную транслитерацию англоязычного термина PLM - Управление жизненным циклом продукта (Product Lifecycle Management) на русский язык.
Концептуализация как бизнес-деятельность	Интегрированная совокупность управленческих процессов, направленных на максимизацию экономической эффективности портфеля продуктов предприятия посредством оптимизации информационных потоков на всех стадиях их существования.
Процессуально-технологический подход	Непрерывный процесс развития продукта от генерации первичной концепции до финальной утилизации изделия. Концепт строится на системной консолидации субъектов (персонала), структурированных данных, формализованных алгоритмов функционирования и гетерогенных корпоративных ИТ-сервисов в единую информационную экосистему.
Эволюционно-исторический аспект	Платформенное решение следующего поколения, возникшее как результат масштабирования функционала систем управления данными об изделии PDM (Product Data Management). Ключевая функция - элиминация коммуникационного диссонанса между операционным уровнем производства и стратегическим контуром корпоративного менеджмента.
Информационная парадигма	Формирование единого достоверного источника данных SSOT (Single Source of Truth). Агрегация полного спектра метаданных и геометрических моделей изделия, обеспечивающая информационную прозрачность для всех участников жизненного цикла.
Экономические императивы внедрения	Максимизация доходности - интенсификация денежных поступлений от реализации продукции за счет ускорения вывода изделий на рынок (Time-to-Market) и повышения качественных характеристик продуктового портфеля. Минимизация издержек - редукция капитальных и операционных затрат, сопряженных с технологической подготовкой, серийным производством и дистрибуцией номенклатуры. Оптимизация стоимости активов - капитализация нематериальных активов компании через систематизацию интеллектуальной собственности и инженерных наработок.

Реализация PLM-концепции требует четырехуровневой синхронизации, к которым относятся:

CAD – PDM ,что подразумевает централизованное хранение мастер-данных (BOM – Bill of Materials) и контекстуализация геометрии метаданными (материал, стоимость, поставщик).

CAD – CAE означает двунаправленный трансфер моделей. Результаты тепловых или гидрогазодинамических (CFD) расчетов поступают обратно в конструкторскую среду для итерационной корректировки геометрии без ручного переноса данных.

CAD–CAM предусматривает прямую ассоциативность управляющей программы (G-code) с моделью. Модификация элемента детали автоматически делает недействительной старую траекторию обработки, требуя регенерации кода.

MBD (Model-Based Definition): Переход к аннотированным 3D-моделям как единственному источнику истины, вытесняющему бумажную документацию. Данные напрямую транслируются в MES/ERP системы.

Методология PLM экстраполируется далеко за пределы классического машиностроения. Она применяется в архитектуре (BIM), авиастроении Управление уникальными проектами ETO (Engineer-to-Order), микроэлектронике и даже в научно-исследовательских институтах для управления интеллектуальной собственностью. Типологически внедрение целесообразно как для массового производителя (управление глобальной платформой автомобиля), так и для единичного (координация постройки ледокола).

Функциональный спектр задач реализуемых в рамках методологии Product Lifecycle Management (PLM) содержит следующие направления деятельности:

- Стратегическое администрирование номенклатуры, обеспечивающий системное управление таксономически упорядоченным портфелем продуктов предприятия.

- Оптимизация продуктовых активов, что означает интенсификация финансовой рентабельности инвестиционного портфеля посредством рациональной аллокации ресурсов на всех стадиях реализации проектов.

- Континуальное сопровождение изделия, реализующее сквозной мониторинг объекта проектирования, начиная от фазы концептуализации и до процедур технической утилизации или снятия с эксплуатации.

- Координация проектно-ориентированных процессов, предполагает использование высокоэффективных алгоритмов менеджмента, которые применительно к программам разработки, авторского надзора за эксплуатацией и реновации выпускаемой продукции.

- Формализация обратной связи от потребителей, отвечает за систематический сбор, классификацию и анализ эмпирических данных об опыте эксплуатации изделий для последующей трансляции требований.

- Осуществление распределенной среды инжиниринга, который создаёт интегрированную платформу для синхронного взаимодействия со смежными организациями и конечными пользователями при совместной разработке технических решений.

- Реинжиниринг производственно-связанных бизнес-процессов, ответственный за трансформацию операционной деятельности, обеспечивая строгую последовательность, высокую пропускную способность, для обеспечение строгой последовательности, высокая пропускная способность и минимизация транзакционных издержек информационных потоков.

- Обеспечение информационной целостности и контекстуальной доступности, обеспечивает агрегацию достоверных сведений об изделии, поддерживает их когерентность (Data Integrity) и гарантированную доставку релевантных пакетов данных субъектам процесса в соответствии с регламентированными временными метками.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает завершение эпохи фрагментированной автоматизации инженерного труда. Наблюдается фундаментальный сдвиг парадигмы от использования САПР в качестве электронного помощника конструктора к созданию единой интегрированной информационной среды предприятия на базе PLM.

В образовательном процессе этот переход означает смещение фокуса с обучения навыкам черчения на формирование системного инженерного мышления. Студенты должны понимать, что современный спутник или беспилотный летательный аппарат — это не просто совокупность деталей в сборке SolidWorks, а сложный информационный актив, чей жизненный цикл управляется централизованно.

Перспективы развития отрасли связаны с внедрением технологий искусственного интеллекта для генеративного дизайна (Generative Design), углублением предиктивной аналитики отказов и повсеместным утверждением концепции «цифрового двойника» (Digital Twin), который будет синхронизироваться с физическим изделием в режиме реального времени на протяжении всего периода его эксплуатации.

Литература

1. Елагина, В. С. Технология проектного обучения как средство оценки образовательных результатов обучающихся // Педагогика: история, перспективы. — 2021. — № 4 (5). — С. 12-20.

2. Зорина О.С. Профессиональные компетенции будущего инженера // Педагогический журнал. 2023. Т. 13. № 4А. С. 95-100. DOI: 10.34670/AR.2023.80.62.013

3. Попкова Ю.Р. Педагогические взгляды на развитие проектно исследовательских способностей обучающихся в образовательном процессе //Современное профессиональное образование. 2025. № 7. С. 51-55.

4. Пузанкова А.Б., Черепашков А.А. Организация проектной деятельности студентов машиностроительного профиля //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки, т. 26, № 4 (97), 2024

5. Пузанкова, А. Б. Геометрическое моделирование в среде КОМПАС-3D: учеб. пособие /А. Б. Пузанкова, А. А. Черепашков. – Самара: Самар. Гос. Техн. Ун-т, 2020. – 108 с.

6. Тедорадзе Т. Г. Диагностика эффективности проектной деятельности в самостоятельной работе студентов //Наука и инновации – современные концепции Том 2: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. Москва, 2023. – С. 58–62

7. Тедорадзе Т.Г., Ольховская Е.П., Михайлова Л.Е. SWOT- анализ развития компетенции технического проекта студентов профессионального образования //Современное профессиональное образование. 2025. № 7. С. 141-145.

Comparative analysis of CAD and PLM systems for automating design and research activities

Tedoradze T.G., Mikhailova L.E.
Kuban State Technological University, Krasnodar

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

In the context of today's high-tech society, the need for specialists with creative thinking, initiative, and the ability to solve non-standard problems, as well as to formulate new promising goals, is growing. In this regard, one of the promising methods for fostering technical and creative skills in students is the use of the project method, in particular, technical projects. The aim of this study is to conduct a comprehensive comparative analysis of the functional capabilities of modern CAD/CAE systems and to determine the effectiveness of implementing the PLM concept as a tool for strategic management of technical projects.

The theoretical significance of this study lies in the fact that the results obtained can serve as a basis for the formation and development of competencies related to the implementation of modern

technical projects. The practical significance lies in the comparative analysis of two key automation systems — CAD and PLM — which are focused on automating and designing models, with the aim of developing competencies in students related to the implementation of technical projects. The methodological foundation of the study is based on the use of a competency-based approach, which interprets the competence of organizing a technical project as an integral component of an individual's professional identity; an activity-based approach, which views project work as the key mechanism for developing competencies in the field of technical projects; a sociological approach, which considers the educational environment — including university environments — as the most important external factor contributing to the personal development of students; and a qualimetric approach, which emphasizes the need for a multi-parameter assessment of the educational environment's potential to determine its effectiveness. The research methods used included the analysis of advanced pedagogical experience in organizing students' technical activities..
Keywords: project activity, technical project, analysis, formation, educational environment.

References

1. Elagina, V. S. Project-based learning technology as a means of assessing students' educational outcomes // Pedagogy: history, prospects. — 2021. — No. 4 (5). — Pp. 12–20.
2. Zorina O. S. Professional competencies of a future engineer // Pedagogical Journal. 2023. Vol. 13. No. 4A. Pp. 95–100. DOI: 10.34670/AR.2023.80.62.013
1.Popkova Yu.R. Pedagogical views on the development of students' project-research abilities in the educational process //Modern Professional Education. 2025. No. 7. Pp. 51–55.
4. Puzankova A.B., Cherepashkov A.A. Organization of Project Activities for Students in Mechanical Engineering //Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, Humanitarian, and Biomedical Sciences, vol. 26, No. 4 (97), 2024.
5.Puzankova, A.B. Geometric Modeling in the KOMPAS-3D Environment: textbook. manual / A. B. Puzankova, A. A. Cherepashkov. Samara: Samara State Technical University. Univ., 2020. – 108 p.
6.Tedoradze T. G. Diagnostics of the effectiveness of project activities in students' independent work //Science and Innovation – modern concepts Volume 2: collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum. Moscow, 2023. – pp. 58-62
7. Tedoradze T.G., Olkhovskaya E.P., Mikhailova L.E. SWOT analysis of the development of technical project competencies in vocational education students //Modern Vocational Education. 2025. No. 7. Pp. 141–145.

Программная система предварительной проверки самостоятельных работ по математическому анализу

Филимонова Елена Геннадиевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, elenaf3@yandex.ru,

Титов Вадим Евгеньевич
старший преподаватель, кафедра высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vadimtitov460@gmail.com

В статье представлен прототип программного комплекса для автоматизированной обработки самостоятельных работ по теме «Неопределённый интеграл». Предлагаемый подход основан на применении стандартизированного бланка, содержащего отдельные области для указания ФИО и группы студента, записи условий заданий, выполнения вычислений и внесения окончательных ответов. Программа распознаёт идентификационные данные, определяет вариант работы и преобразует рукописные математические выражения в формализованную запись. Для обработки изображений предусмотрено использование предварительно обученных моделей, адаптированных на размеченных примерах заполнения бланков. Проверка итоговых ответов выполняется средствами символьных вычислений: распознанная первообразная дифференцируется, после чего полученное выражение сопоставляется с соответствующей подынтегральной функцией. Центральная часть листа с промежуточными вычислениями автоматически не анализируется, что позволяет снизить вычислительную нагрузку и вероятность ошибочной интерпретации неструктурированных записей. При недостаточной уверенности распознавания или невозможности однозначной проверки работа передаётся преподавателю. Применение комплекса позволяет ускорить первичную обработку самостоятельных работ и сократить количество повторяющихся операций при сохранении контроля со стороны преподавателя.

Ключевые слова: автоматизированная проверка, самостоятельная работа, рукописный ввод, распознавание математических выражений, неопределённый интеграл, первообразная, символьные вычисления, стандартизированный бланк, нейронные сети, образовательные технологии.

Введение

Проверка самостоятельных работ по математическим дисциплинам является одной из наиболее трудоёмких составляющих учебного процесса. При большом количестве студентов преподавателю приходится обрабатывать значительный объём однотипных материалов: устанавливать принадлежность работы конкретному обучающемуся, определять выполненный вариант задания, находить итоговые ответы, сопоставлять их с эталонными значениями и фиксировать результаты проверки. Ручное выполнение этих операций требует существенных временных затрат и может сопровождаться техническими ошибками, возникающими при идентификации работ, чтении рукописных записей и переносе оценок в ведомость.

Один из подходов к сокращению нагрузки на преподавателя заключается в использовании стандартизированного бланка самостоятельной работы, содержащего заранее определённые области для записи исходных данных, решения и итогового ответа. В ранее разработанном программном комплексе была предложена обработка подобных бланков применительно к самостоятельным работам по линейной алгебре [1]. Система объединяла выделение значимых областей документа, распознавание рукописных данных и математическую проверку полученных результатов. Дальнейшее развитие программного комплекса было связано с добавлением средств учёта проверенных работ, позволяющих сохранять сведения о студенте, учебной группе, номере работы и полученных баллах в общей таблице результатов [2].

Вместе с тем перенос данного подхода на задания по математическому анализу требует отдельного исследования. В частности, при проверке заданий на нахождение неопределённых интегралов система должна работать не только с текстовыми данными, но и с рукописными математическими выражениями, содержащими дроби, степени, скобки, тригонометрические функции и другие элементы математической нотации. Дополнительная сложность заключается в том, что один и тот же правильный ответ может быть записан в нескольких эквивалентных формах. Для неопределённых интегралов также необходимо учитывать наличие произвольной постоянной и возможность равносильных преобразований полученного выражения [3-5].

Предлагаемая система ориентирована на обработку стандартизированного листа самостоятельной работы, в котором выделяются три функциональные области. Первая область содержит идентификационные сведения — фамилию, имя и отчество студента, а также обозначение учебной группы. Во второй области записываются условия предложенных заданий. Третья область предназначена для итоговых ответов. Наличие фиксированной разметки позволяет выполнять геометрическое выделение указанных фрагментов изображения и применять к каждому из них специализированные методы распознавания [7].

Принципиальным ограничением разрабатываемой системы является отказ от автоматического анализа центральной части листа, содержащей последовательность рассуждений и промежуточные математические преобразования. Ход решения сохраняется на исходном изображении и при необходимости может быть просмотрен преподавателем, однако он не участвует в автоматическом формировании результата проверки. Такое ограничение обусловлено высокой вариативностью рукописного решения, отсутствием единого способа расположения промежуточных вычислений и сложностью надёжного установления логических связей между отдельными фрагментами записи [6, 9].

Таким образом, разрабатываемая программа должна выполнять предварительную проверку самостоятельной работы по её формализованным элементам. После загрузки фотографии или сканированного изображения листа система определяет границы бланка, выделяет области с идентификационными данными, условиями заданий и ответами, распознаёт их содержимое и сопоставляет полученные ответы с эталонными результатами. При недостаточной уверенности распознавания или невозможности однозначного сравнения работа должна передаваться преподавателю для ручной проверки [8].

Целью настоящего исследования является разработка программного средства для автоматизированной обработки стандартизированных листов самостоятельных работ по теме «Неопределённый интеграл», обеспечивающего распознавание сведений о студенте, идентификацию условий заданий и проверку итоговых ответов без анализа промежуточного хода решения. Практическая значимость разработки заключается в сокращении количества повторяющихся действий преподавателя, ускорении первичной обработки работ и формировании структурированных результатов контроля при сохранении возможности ручной проверки спорных случаев.

Требования к входным данным, структура бланка и адаптация модели распознавания

Надёжность автоматизированной проверки зависит от структуры документа и качества его изображения. При свободном расположении рукописных записей условия, вычисления и ответы могут пересекаться или находиться в разных частях листа. Поэтому в системе используется стандартизированный бланк с заранее определёнными функциональными областями.

Аналогичный подход применялся в разработанных ранее системах проверки работ по линейной алгебре [1, 2].

Пример бланка представлен на рисунке 1. Он содержит номер самостоятельной работы, поля для указания группы и ФИО студента, область условий, свободное пространство для вычислений и строку для окончательных ответов. Автоматически обрабатываются три области: идентификационные данные, условия заданий и ответы. Центральная часть с ходом решения сохраняется для просмотра преподавателем, но программой не анализируется. Такое ограничение позволяет уменьшить вычислительную нагрузку и вероятность ошибок, поскольку распознавание свободно расположенных промежуточных записей требует значительно более сложных алгоритмов и большого объёма обучающих данных. В результате система сосредоточена на обработке наиболее структурированных и значимых элементов работы [1].

Поле группы распознаётся как ограниченная последовательность букв и цифр, а полученное ФИО сопоставляется со списком студентов. Область условий используется для определения варианта и поиска соответствующих эталонных данных. Поскольку математические выражения имеют двумерную структуру, результат их распознавания преобразуется в формализованную запись, пригодную для символьной обработки.

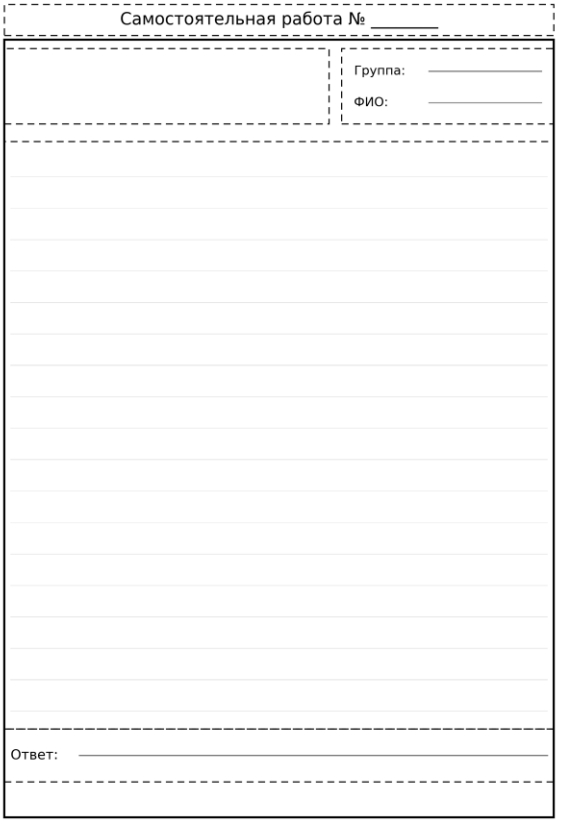


Рисунок 1 — Стандартизированный бланк самостоятельной работы

Для распознавания применяется не нейронная сеть, обучаемая с нуля, а предварительно обученная модель, адаптированная к используемому бланку. Для её дообучения формируется размеченная выборка. Из выровненных изображений работ извлекаются фрагменты с ФИО, группой, условиями и ответами, после чего каждому фрагменту вручную ставится в соответствие правильная текстовая или математическая запись. Формулы представляются в линейной нотации, близкой к LaTeX.

Выборка включает образцы почерка разных студентов и разделяется на обучающую, валидационную и тестовую части. Работы одного студента помещаются только в одну часть выборки, что позволяет проверить способность модели распознавать ранее неизвестный почерк. Для увеличения количества примеров применяются небольшие повороты, масштабирование, изменение контрастности, добавление шума, размытия и перспективных искажений.

Для обработки документа используются две специализированные модели. Первая распознаёт ФИО и обозначение группы, вторая преобразует изображения математических выражений в последовательность формальных символов. Словарь математической модели ограничивается элементами, встречающимися в заданиях на интегрирование: цифрами, переменными, арифметическими операциями, дробями, степенями, скобками, корнями, тригонометрическими функциями и постоянной C.

Результаты нейросетевого распознавания дополнительно проверяются формальными правилами. ФИО сопоставляется со списком студентов, группа — с известными обозначениями, а формула проверяется на правильность расположения скобок, операций, степеней и дробей. Каждый результат сопровождается оценкой уверенности. При недостаточной уверенности преподавателю показываются исходный фрагмент и предполагаемая расшифровка с возможностью ручного исправления.

В качестве входных данных используется фотография или сканированное изображение полного листа без сильного размытия, теней и бликов. После загрузки система обнаруживает контур документа, исправляет перспективу, нормализует яркость и выделяет необходимые области. Если границы бланка или содержимое поля невозможно определить достаточно надёжно, автоматическая обработка прекращается, и работа передаётся преподавателю.

Принципы организации символьных и численных вычислений

После загрузки изображения программа выполняет предварительную обработку документа, выделяет заданные области и распознаёт содержащиеся в них сведения. Результаты выводятся в интерфейсе, представленном на рисунке 2.

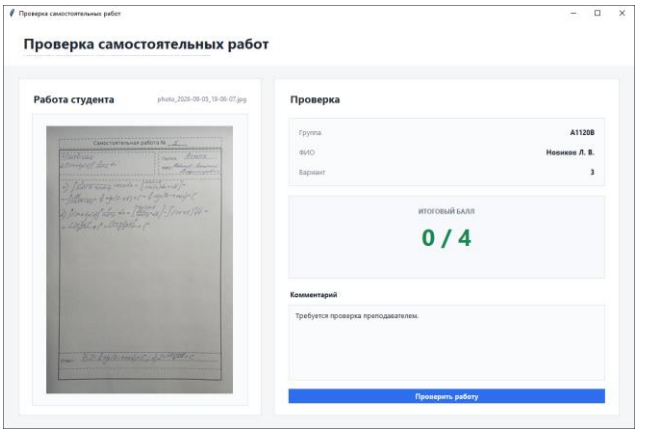


Рисунок 2 — Результат проверки самостоятельной работы

В левой части интерфейса отображается исходная фотография работы студента. Это позволяет преподавателю сопоставить автоматически полученные сведения с оригиналом и при необходимости просмотреть ход решения. Кнопки в нижней части окна предназначены для загрузки нового изображения и очистки рабочей области.

В правой части выводятся результаты распознавания. В представленном примере программа определила учебную группу A1120B, ФИО студента — Новиков Л. В., а также третий вариант самостоятельной работы. Распознанные данные могут быть дополнительно проверены по списку студентов и базе вариантов заданий.

Максимальная оценка за работу составляет четыре балла: по два балла за каждый из двух интегралов. После распознавания итоговых ответов программа преобразует их в символьную форму и проверяет посредством дифференцирования полученных первообразных. Если производная ответа не совпадает с соответствующей подынтегральной функцией, ответ считается неверным.

В рассматриваемой работе оба итоговых ответа не прошли математическую проверку. Поэтому за каждое задание было начислено ноль баллов, а общий предварительный результат составил 0 из 4 баллов. Ход решения при выставлении этого результата автоматически не анализировался.

Поскольку программа проверяет только итоговые ответы и не оценивает промежуточные преобразования, в поле комментария выводится сообщение «Требуется проверка преподавателем». Преподаватель может просмотреть исходное изображение, убедиться в правильности распознавания формул и после этого подтвердить или изменить результат.

Таким образом, программный комплекс не заменяет преподавателя полностью, а выполняет первичную обработку работы, распознаёт основные данные, проверяет итоговые ответы и выделяет случаи, требующие дополнительного контроля. Такой подход сокращает количество повторяющихся операций и одновременно сохраняет возможность принятия окончательного решения преподавателем.

Заключение

В работе представлен прототип программного комплекса для автоматизированной проверки самостоятельных работ по теме «Неопределённый интеграл». Основой системы является стандартизированный бланк, на котором выделены области с ФИО и группой студента, условиями заданий и итоговыми ответами. Центральная часть листа с промежуточными вычислениями автоматически не анализируется и остаётся доступной преподавателю для просмотра.

Для обработки рукописных данных предлагается использовать предварительно обученные модели, дополнительно адаптированные на размеченных примерах заполнения бланков. Распознанные ФИО сопоставляются со списком студентов, условия — с базой вариантов, а ответы преобразуются в символьную форму. Правильность первообразной определяется посредством её дифференцирования и сравнения полученной производной с подынтегральной функцией.

Практическое применение комплекса позволит сократить количество повторяющихся операций при обработке самостоятельных работ и ускорить получение предварительных результатов. Дальнейшее развитие системы связано с расширением обучающей выборки, повышением точности распознавания математических выражений, добавлением новых типов заданий и проведением экспериментальной оценки на работах разных студентов.

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. Аман Е. Э., Пушкина В. П., Титов В. Е. Система проверки и учета работ по линейной алгебре // Инновации и инвестиции. 2026. № 6. С. 445–447.
3. Беляев С. А., Лапцевич Д. А. Подходы к созданию калькулятора с рукописным вводом // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2018. № 1. С. 33–43. DOI: 10.15827/2311-6749.18.1.6.
4. Chan K.-F., Yeung D.-Y. Mathematical Expression Recognition: A Survey // International Journal on Document Analysis and Recognition. 2000. Vol. 3. P. 3–15. DOI: 10.1007/PL00013549.
5. 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.
6. Graves A., Liwicki M., Fernández S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. A Novel Connectionist System for Unconstrained Handwriting Recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2009. Vol. 31, no. 5. P. 855–868. DOI: 10.1109/TPAMI.2008.137.
7. Li M., Lv T., Chen J., Cui L., Lu Y., Florencio D., Zhang C., Li Z., Wei F. TrOCR: Transformer-Based Optical Character Recognition with Pre-trained Models // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2023. Vol. 37, no. 11. P. 13094–13102. DOI: 10.1609/aaai.v37i11.26538.
8. Zhang J., Du J., Zhang S., Liu D., Hu Y., Hu J., Wei S., Dai L. Watch, Attend and Parse: An End-to-End Neural Network Based Approach to Handwritten Mathematical Expression Recognition // Pattern Recognition. 2017. Vol. 71. P. 196–206. DOI: 10.1016/j.patcog.2017.06.017.
9. Meurer A., Smith C. P., Paprocki M., Čertík O., Kirpichev S. B., Rocklin M., Kumar A., Ivanov S., Moore J. K., Singh S., Rathnayake T., Vig S., Granger B. E., Muller R. P., Bonazzi F., Gupta H., Vats S., Johansson F., Pedregosa F., Curry M. J., Terrel A. R., Roučka Š., Saboo A., Fernando I., Kulal S., Cimrman R., Scopatz A. SymPy: Symbolic Computing in Python // PeerJ Computer Science. 2017. Vol. 3. Article e103. DOI: 10.7717/peerj-cs.103.

Software System for Preliminary Assessment of Independent Work in Mathematical Analysis

Filimonova E.G., Titov V.E.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article presents a prototype software system for the automated processing of student assignments on indefinite integrals. The proposed approach is based on a standardized form containing separate areas for the student's full name and group identifier, problem statements, calculations, and final answers. The system recognizes identification data, determines the assignment variant, and converts handwritten mathematical expressions into a formal representation. Pre-trained models adapted using annotated examples of completed forms are employed for image recognition. Final answers are verified by means of symbolic computation: the recognized antiderivative is differentiated, and the resulting expression is compared with the corresponding integrand. The central area containing intermediate calculations is not analyzed automatically. This limitation reduces computational requirements and lowers the risk of incorrectly interpreting unstructured handwritten notes. When recognition confidence is insufficient or an answer cannot be verified unambiguously, the assignment is referred to the instructor for manual review. The proposed system accelerates the preliminary processing of student assignments and reduces repetitive checking operations while preserving the instructor's control over the final assessment.

Keywords: automated assessment, student assignments, handwriting recognition, mathematical expression recognition, indefinite integral, antiderivative, symbolic computation, standardized form, neural networks, 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. Aman E. E., Pushkina V. P., Titov V. E. A System for Checking and Recording Assignments in Linear Algebra // Innovations and Investments. 2026. No. 6. P. 445–447.
3. Belyaev S. A., Laptsevich D. A. Approaches to Creating a Calculator with Handwriting Input // Software Journal: Theory and Applications. 2018. No. 1. P. 33–43. DOI: 10.15827/2311-6749.18.1.6.
4. Chan K.-F., Yeung D.-Y. Mathematical Expression Recognition: A Survey // International Journal on Document Analysis and Recognition. 2000. Vol. 3. P. 3–15. DOI: 10.1007/PL00013549.
5. 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.
6. Graves A., Liwicki M., Fernández S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. A Novel Connectionist System for Unconstrained Handwriting Recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2009. Vol. 31, No. 5. P. 855–868. DOI: 10.1109/TPAMI.2008.137.
7. Li M., Lv T., Chen J., Cui L., Lu Y., Florencio D., Zhang C., Li Z., Wei F. TrOCR: Transformer-Based Optical Character Recognition with Pre-trained Models // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2023. Vol. 37, No. 11. P. 13094–13102. DOI: 10.1609/aaai.v37i11.26538.
8. Zhang J., Du J., Zhang S., Liu D., Hu Y., Hu J., Wei S., Dai L. Watch, Attend and Parse: An End-to-End Neural Network Based Approach to Handwritten Mathematical Expression Recognition // Pattern Recognition. 2017. Vol. 71. P. 196–206. DOI: 10.1016/j.patcog.2017.06.017.
9. Meurer A., Smith C. P., Paprocki M., Čertík O., Kirpichev S. B., Rocklin M., Kumar A., Ivanov S., Moore J. K., Singh S., Rathnayake T., Vig S., Granger B. E., Muller R. P., Bonazzi F., Gupta H., Vats S., Johansson F., Pedregosa F., Curry M. J., Terrel A. R., Roučka Š., Saboo A., Fernando I., Kulal S., Cimrman R., Scopatz A. SymPy: Symbolic Computing in Python // PeerJ Computer Science. 2017. Vol. 3. Article e103. DOI: 10.7717/peerj-cs.103.

Разработка теоретико-практической модели управления процессами мониторинга методами машинного зрения в условиях воздействия факторов среды

Туманов Александр Юрьевич
к.т.н., доцент, кафедра метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, toumanov@mail.ru,

Андрюшин Георгий Владиславович
кафедра метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, re.work.me@yandex.ru

Актуальность. Современный этап автоматизации систем управления сложными антропотехническими процессами (включая образовательные, диспетчерские и операторские контуры) требует внедрения объективных методов непрерывного контроля когнитивного состояния человека. Существующие психометрические подходы носят эпизодический характер. Объектом исследования являются процессы контроля визуального внимания человека в замкнутом пространстве на фоне динамического изменения параметров окружающей среды. Предметом исследования выступают алгоритмы компьютерного зрения для детекции поведенческих маркеров внимания и методы их временной синхронизации с пространственно-распределенными потоками телеметрии микроклимата.

Цель работы — разработка, математическое обоснование и экспериментальная верификация теоретико-практической модели мультимодального мониторинга и управления процессами удержания внимания методами машинного зрения, инвариантной к дестабилизирующим факторам внутренней среды.

Методы. В работе использован комплекс методов компьютерного зрения (библиотека OpenCV, алгоритмы YuNet/Haar, оценка позы головы через решение задачи PnP), методы теории измерительных систем (калибровка индивидуального базиса), а также технологии интернета вещей (IoT) на базе протокола MQTT для асинхронного сбора данных о температуре, влажности и освещенности помещения.

Результаты. Разработана трехслойная архитектура аппаратно-программного комплекса. Сформулирован и обоснован математический подход к расчету интегрального показателя внимания (Attention Score) на основе конфиденциально-взвешенной агрегации признаков (положение головы, динамика смыкания век EAR, стабильность трекинга). Разработан асимметричный автомат состояний для детекции фаз отвлечения. Экспериментально доказана работоспособность программного контура на C++ на реальных видеопотоках и подтверждена валидность классификации базовых поведенческих паттернов по сравнению с экспертной разметкой.

Ключевые слова: компьютерное зрение, машинное зрение, мониторинг внимания, Eye Aspect Ratio, baseline-калибровка, микроклимат, телеметрия, корреляционный анализ, MQTT, OpenCV, IoT, Индустрия 5.0.

Введение

Глобальная цифровизация технологических и образовательных пространств формирует жесткий запрос на создание интеллектуальных систем автоматического контроля и управления процессами деятельности человека. В контурах систем «человек — машина», «диспетчер — пульт управления» или «преподаватель — аудитория» ключевым дестабилизирующим фактором является психофизиологическое утомление оператора (обучающегося), влекущее за собой критическое снижение концентрации внимания. Санитарно-гигиенические и медицинские исследования последних лет однозначно доказывают, что динамика когнитивной работоспособности человека неразрывно связана с параметрами микроклимата замкнутого помещения [1, 2]. В частности, повышенные концентрации углекислого газа (CO_2), температурные аномалии, отклонения относительной влажности и нерациональная освещенность рабочих мест вызывают преждевременное утомление и падение продуктивности когнитивной деятельности [1, 3].

Несмотря на очевидную значимость этих результатов, в современной практике оценка когнитивного состояния человека выполняется преимущественно эпизодически [1, 2]. Используемые методы — анкетирование, психологическое тестирование по таблицам Шульте, экспертное наблюдение или анализ итоговых результатов деятельности — фиксируют лишь финальный срез утомления. Они не обладают достаточной чувствительностью к кратковременным (интраминутным) флуктуациям поведения непосредственно в процессе выполнения целевой задачи.

Наиболее перспективным научно-техническим вектором решения данной проблемы является переход к непрерывному, малозатратному и объективному бесконтактному мониторингу визуальных признаков внимания на основе методов машинного зрения. Современные алгоритмы компьютерного зрения позволяют в реальном времени извлекать из видеопотока субклинические маркеры поведения: пространственную ориентацию головы оператора, стабильность и направление его взгляда, а также частотно-временную динамику смыкания век [4].

Параллельное развитие доступной компонентной базы беспроводных измерительных сетей (IoT) позволяет развернуть пространственно-распределенные системы контроля параметров окружающей среды с минимальными накладными расходами. Однако на текущий момент в научной литературе наблюдается разрыв: системы компьютерного зрения развиваются изолированно от систем климатической телеметрии. Отсутствуют формализованные математические модели, обеспечивающие бесшовную временную синхронизацию гетерогенных потоков данных (высокочастотных видеометрик и низкочастотных измерений датчиков) для выявления корреляционных и причинно-следственных связей.

Целью настоящего исследования является разработка и математическое обоснование теоретико-практической модели управления процессами удержания внимания на основе интеграции методов машинного зрения и распределенной телеметрии факторов среды. Данная модель призвана стать основой для построения систем автоматизированного управления микроклиматом (BMS/Smart Building) в парадигме человекоцентричного подхода Индустрии 5.0.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Сформулировать методологический подход к многокомпонентной количественной оценке визуального внимания оператора (обучающегося).

Разработать алгоритм адаптивной персональной калибровки для компенсации индивидуальных антропометрических особенностей посадки человека.

Спроектировать математический метод оценки индекса отклонения факторов среды от гигиенических норм.

Разработать архитектуру аппаратно-программного комплекса и экспериментально верифицировать разработанные алгоритмы на реальных массивах покадровых данных.

2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Математическая модель конфиденциально-взвешенной оценки внимания

В основе предлагаемой теоретико-практической модели лежит концепция многокомпонентного анализа. Итоговый показатель внимания субъекта не может быть достоверно определен по какому-то одному извлеченному признаку (например, только по направлению взгляда), поскольку видеопоток в реальных условиях эксплуатации подвержен шумам, окклюзиям (перекрытиям кадра) и изменениям освещенности.

В качестве первичного вектора информативных признаков $F = \{f_1, f_2, ..., f_n\}$ в модели используются следующие метрики, извлекаемые из видеопотока:

Изменение пространственной ориентации головы по трем осям: углы рыскания (*yaw*), тангажа (*pitch*) и крена (*roll*);

Состояние глаз, вычисляемое через безразмерный коэффициент смыкания век *Eye Aspect Ratio (EAR)* [4];

Наличие и стабильность детекции лица в кадре (метрика устойчивости трекинга);

Направление вектора взгляда (*gaze direction*) при достаточном пространственном разрешении.

Для интеграции этих разнородных компонентов разработан *confidence-weighted rule-based* подход (подход на основе правил с весовой оценкой достоверности). Итоговый показатель внимания $S(t)$ в момент времени t рассчитывается по формуле:

$$S(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot c_i(t) \cdot f_i(t))}{\sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot c_i(t))}$$

где:

$f_i(t) \in [0,1]$ — нормированное значение i-го поведенческого признака внимания (1 — максимальная концентрация на целевом объекте, 0 — полное отвлечение);

$w_i \in [0,1]$ — статический базовый вес i-го компонента, определяющий его теоретическую информативность в общей структуре модели ($\sum w_i = 1$);

$c_i(t) \in [0,1]$ — динамический коэффициент доверия (уверенности) алгоритма к извлеченному i-му признаку в текущем кадре.

Введение динамического коэффициента $c_i(t)$ позволяет радикально снизить влияние зашумленных компонентов на итоговую метрику. Например, если лицо оператора частично перекрыто рукой или развернуто под острым углом к камере, точность модуля *gaze estimation* резко падает. В этом случае система автоматически снижает коэффициент доверия $c_{\text{gaze}} \to 0$, и итоговый показатель $S(t)$ формируется за счет более стабильных признаков (кинематики головы), не разрушая непрерывность мониторинга.

В рамках разработанного программного прототипа эмпирически, на основе экспертных оценок и анализа обучающих выборок, установлены следующие начальные весовые коэффициенты (Таблица 1):

Таблица 1

Базовые весовые коэффициенты компонентов внимания

Метрика (Компонент модели)	Обозначение (f_i)	Базовый вес (w_i)	Назначение в контуре
Ориентация головы (*Head Pose*)	f_1	0,35	Фиксация грубых отклонений от целевой зоны
Направление взгляда (*Gaze Direction*)	f_2	0,35	Тонкая оценка фокуса (модуль зарезервирован)
Состояние глаз (*Eye State / EAR*)	f_3	0,15	Оценка утомления, сна и частоты моргания
Присутствие и устойчивость трекинга	f_4	0,15	Индикатор физического присутствия субъекта

2.2. Алгоритм адаптивной персональной калибровки (Baseline)

Одной из главных проблем систем машинного зрения в реальных условиях является вариативность антропометрических данных пользователей и их индивидуальной посадки на рабочем месте. Для исключения ложноположительных срабатываний в модель внедрен алгоритм *первичной базовой калибровки*.

При инициализации нового трека (появлении человека в кадре) система в течение фиксированного временного окна $T_{\text{calib}} = 10...15$ секунд производит накопление первичных векторов ориентации головы при условии, что коэффициент устойчивости трекинга максимален:

$$\overline{\text{yaw}}_0 = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} \text{yaw}_m, \quad \overline{\text{pitch}}_0 = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} \text{pitch}_m, \quad \overline{\text{roll}}_0 = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} \text{roll}_m$$

Сформированный вектор $B_0 = \{\overline{\text{yaw}}_0, \overline{\text{pitch}}_0, \overline{\text{roll}}_0\}$ принимается за индивидуальный *нейтральный базис (baseline)* конкретного человека. В процессе дальнейшего мониторинга математическая модель оперирует не абсолютными углами наклона головы, а относительными отклонениями от вычисленного базиса: $\Delta\text{yaw}(t) = \text{yaw}(t) - \overline{\text{yaw}}_0$.

Такой подход позволяет корректно оценивать состояние людей, которые в силу физиологических особенностей или конфигурации мебели сидят изначально слегка наклонившись или развернувшись относительно оптической оси камеры.

2.3. Математическое описание факторов среды

Для формализации воздействия внешней среды вводится многомерный вектор параметров микроклимата $E = \{T, H, L\}$, где T — температура воздуха ($^\circ$C), H — относительная влажность (%), L — освещенность (люкс). Для каждого параметра на основе действующих санитарно-гигиенических нормативов (СанПиН) задается интервал оптимальных значений $[P_{\min}, P_{\max}]$.

Разработан метод оценки безразмерной величины отклонения параметров среды $D(t)$. Для каждого измеряемого фактора частный индекс отклонения $d_k(t)$ рассчитывается по принципу штрафной функции:

$$d_k(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } P_k(t) \in [P_{k,\min}, P_{k,\max}] \\ \dfrac{P_k(t) - P_{k,\max}}{P_{k,\max}}, & \text{если } P_k(t) > P_{k,\max} \\ \dfrac{P_{k,\min} - P_k(t)}{P_{k,\min}}, & \text{если } P_k(t) < P_{k,\min} \end{cases}$$

Интегральный индекс отклонения среды $D(t)$ представляет собой среднедекартово значение от частных индексов: $D(t) = \sqrt{\sum d_k^2(t)}$. Данная безразмерная величина выступает в качестве входного возмущающего воздействия в общей теоретической модели управления процессами.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)

3.1. Аппаратно-программная реализация видеоподсистемы

На основе предложенных методов был спроектирован и программно реализован на языке **C++** с использованием кроссплатформенной библиотеки **OpenCV** [5, 6] прототип аналитического контура. Выбор C++ обусловлен необходимостью минимизации задержек (*latency*) при покадровой обработке видеопотоков высокого разрешения в режиме реального времени.

Для детекции лиц применяется легковесная нейросетевая модель **YuNet**, инкапсулированная в модуль cv::FaceDetectorYN. Трекинг объектов осуществляется методом максимизации пересечения ограничивающих рамок (*Intersection over Union — IoU*) в модуле TrackManager. Расчет пространственной ориентации головы производится через сопоставление трехмерной антропометрической модели лица с двухмерными проекциями ключевых точек (*facial landmarks*), полученных через подсистему FacemarkLBF. Задача обратной графической проекции решается итерационным методом cv::solvePnP.

Логика переходов в классе AttentionScorer реализована в виде **асимметричного автомата состояний**. Переход из состояния «Фокусировка» (*focused*) в состояние «Отвлечение» (*looking_side / looking_down*) происходит мгновенно при превышении пороговых углов ($|\Delta\text{yaw}| > 20^\circ$, $|\Delta\text{pitch}| > 15^\circ$, $|\Delta\text{roll}| > 15^\circ$, или падении коэффициента открытия глаз $\text{EAR} < 0,20$). Однако обратный переход в состояние *focused* требует временного подтверждения на протяжении $N_{\text{thresh}} = 30$ последовательных кадров, что исключает «дребезг» метрик.

3.2. Архитектура IoT-модуля телеметрии среды

Аппаратная часть экологического контура построена на базе 32-битного микроконтроллера **ESP32**. К контроллеру по цифровой шине I2C подключены датчики: цифровой термогигрометр и люксметр. Сбор данных происходит дискретно с периодом $T_s = 1$ секунда. Микроконтроллер производит первичную фильтрацию шумов, упаковывает вектор среды в формат JSON-объекта и осуществляет беспроводную передачу данных по протоколу Wi-Fi на локальный MQTT-брокер [7].

Для последующего статистического и корреляционного анализа в подсистеме журналирования реализована двухслойная структура логирования данных: покадровый детальный отчет пишется в формате .csv, а макроизменения (смена внутренних состояний автомата) фиксируются асинхронно в формате JSON Lines (.jsonl).

4. ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)

4.1. Метод временной синхронизации потоков данных

Ключевой научной задачей при совмещении методов машинного зрения и телеметрии является преодоление частотного дисбаланса данных. Видеоподсистема генерирует плотный поток данных с частотой $25-30$ кадров в секунду (Гц), в то время как датчики среды опрашиваются с частотой $0.5-1$ Гц.

В разработанной теоретической модели синхронизация потоков данных реализуется на уровне аналитического сервера посредством метода временных окон и последующего ресемплирования временных рядов к единому шагу дискетизации $\Delta t = 1$ с. В пределах каждого окна для каждого уникального рабочего места (seat_id) вычисляется среднее агрегированное значение показателя внимания:

$$\langle S \rangle_{\Delta t} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} S_k$$

Полученные нормированные временные ряды $\langle S \rangle(t)$ и интегральный индекс отклонения среды $D(t)$ сопоставляются во времени. Для выявления долгосрочного влияния неблагоприятных экологических факторов применяется корреляционный анализ со сдвигом фаз (анализ лагов), описываемый коэффициентами Пирсона и Спирмена. Это обусловлено тем, что психофизиологическая реакция человека на ухудшение микроклимата (например, нарастание духоты) имеет инерционный характер: падение концентрации внимания происходит не мгновенно, а с запаздыванием на $\tau = 5...15$ минут.

4.2. Концепция Smart Campus в рамках Индустрии 5.0

Разработанный трехуровневый комплекс спроектирован как открытая расширяемая платформа. Сгенерированная схема трехуровневой архитектуры интеграции комплекса в общую систему автоматизированного управления зданием (*BMS — Building Management System*) представлена на Рисунке 2.

Перенос концепции анализа когнитивной нагрузки из области эпизодических тестов в плоскость непрерывного машинного зрения замыкает контур обратной связи:

Мониторинг выявляет устойчивую групповую тенденцию к падению *Attention Score* в конкретной зоне помещения.

Корреляционный анализатор сопоставляет это падение с ростом индекса отклонения среды $D(t)$ (например, ростом температуры выше 24°C).

Сервер генерирует директивную команду для исполнительных механизмов BMS: увеличить кратность воздухообмена вентиляционной системы или снизить уставку кондиционера.

Такой подход полностью соответствует человекоцентричной парадигме Индустрии 5.0 (*Human-Centric Systems*), где не человек адаптируется под жесткие технологические условия, а автоматизированная среда гибко подстраивается под психофизиологическое состояние человека для обеспечения максимального комфорта и производительности.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)

В ходе проведенного исследования разработана, математически описана и программно верифицирована теоретико-практическая модель управления процессами мониторинга когнитивной активности субъектов методами машинного зрения в условиях воздействия дестабилизирующих факторов среды.

Основные научные и практические результаты работы:

Разработан и реализован на языке C++ программный конвейер, обеспечивающий в реальном времени сквозную обработку видеопотока: от захвата кадра до расчета интегральной метрики внимания *Attention Score*.

Предложен и математически обоснован метод *confidence-weighted* агрегации признаков, минимизирующий влияние естественных пространственных шумов и окклюзий в кадре без потери общей устойчивости системы.

Интегрирован модуль персональной адаптивной базовой калибровки (*baseline*), обеспечивающий инвариантность измерений к индивидуальным особенностям посадки и антропометрии пользователей.

Спроектирована архитектура распределенного IoT-комплекса на базе протокола MQTT для синхронного сбора параметров микроклимата.

Экспериментальная апробация сформированного программного прототипа подтвердила высокую стабильность трекинга и корректность работы асимметричного автомата состояний. Сравнение результатов автоматической классификации с экспертной выборочной разметкой видеоматериала подтвердило высокую валидность предложенной модели.

Направления дальнейших исследований связаны с переходом от базового корреляционного анализа к многофакторному регрессионному моделированию с целью точного прогнозирования времени наступления фазы утомления оператора. Также планируется расширение аппаратной части IoT-контура специализированным датчиком концентрации углекислого газа (CO_2), выступающего важнейшим триггером когнитивной усталости в замкнутых пространствах.

Литература

1. Лобкис М. А., Новикова И. И., Романенко С. П., Сорокина А. В. Динамика умственной работоспособности школьников в условиях неблагоприятных показателей микроклимата и углекислого газа в помещениях // Российский вестник гигиены. — 2025. — № 4. — С. 50–58. DOI: 10.24075/rbh.2025.149.
2. Dedesko S., Pendleton J., Young A. S., Coull B. A., Spengler J. D., Allen J. G. Associations between indoor air exposures and cognitive test scores among university students in classrooms with increased ventilation rates for COVID-19 risk management // Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. — 2025. — Vol. 35, no. 4. — P. 661–671. DOI: 10.1038/s41370-025-00770-6.
3. Андреев И. В. Влияние уровня концентрации кислорода и отрицательных его ионов в учебной аудитории на умственную работоспособность и академическую успеваемость студенток // Современные проблемы науки и образования. — 2009. — № 3. — С. 46–49. URL: science-education.ru (дата обращения: 24.07.2026).
4. Soukupová T., Čech J. Real-Time Eye Blink Detection Using Facial Landmarks // 21st Computer Vision Winter Workshop. — 2016.
5. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. — Sebastopol: O'Reilly, 2008.
6. OpenCV Documentation. URL: opencv.org (дата обращения: 24.07.2026).
7. MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard. URL: oasis-open.org (дата обращения: 24.07.2026).

Development of a theoretical and practical model for process control using machine vision methods under the influence of environmental factors

Tumanov A.Yu., Andryushin G.V.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The current stage of automation of systems for managing complex anthropotechnical processes (including educational, dispatch, and operator circuits) requires the implementation of objective methods for continuous monitoring of a person's cognitive state. Existing psychometric approaches are episodic in nature. The object of the study is the processes of monitoring a person's visual attention in a confined space against the backdrop of dynamically changing environmental parameters. The subject of the study is computer vision algorithms for detecting behavioral markers of attention and methods for their temporal synchronization with spatially distributed microclimate telemetry flows.

The aim of the work is to develop, mathematically substantiate, and experimentally verify a theoretical and practical model for multimodal monitoring and control of attention retention processes using machine vision methods, which is invariant to destabilizing factors of the internal environment.

Methods. The work employs a set of computer vision methods (OpenCV library, YuNet/Haar algorithms, head pose estimation by solving the PnP problem), methods from the theory of measurement systems (calibration of an individual basis), as well as Internet of Things (IoT) technologies based on the MQTT protocol for asynchronous data collection on room temperature, humidity, and illumination.

Results. A three-layer architecture of the hardware-software complex has been developed. A mathematical approach to calculating the integral attention indicator (Attention Score) based on a confidentiality-weighted aggregation of features (head position, EAR eyelid closure dynamics, tracking stability) has been formulated and substantiated. An asymmetric state machine has been developed for detecting distraction phases. The functionality of the C++ software loop has been experimentally proven using real video streams, and the validity of the classification of basic behavioral patterns has been confirmed in comparison with expert labeling.

Keywords: computer vision, machine vision, attention monitoring, Eye Aspect Ratio, baseline calibration, microclimate, telemetry, correlation analysis, MQTT, OpenCV, IoT, Industry 5.0.

References

1. Lobkis M. A., Novikova I. I., Romanenko S. P., Sorokina A. V. Dinamika umstvennoi rabotosposobnosti shkolnikov v usloviyakh neblagopriyatnykh pokazatelei mikroklimata i uglekislogo gaza v pomeshcheniyakh [Dynamics of mental performance in schoolchildren under poor indoor climate conditions and elevated carbon dioxide levels]. Rossiiskii vestnik gigieny [Russian Bulletin of Hygiene]. 2025;(4):50–58. (In Russ.). DOI: 10.24075/rbh.2025.149.
2. Dedesko S., Pendleton J., Young A. S., Coull B. A., Spengler J. D., Allen J. G. Associations between indoor air exposures and cognitive test scores among university students in classrooms with increased ventilation rates for COVID-19 risk management. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 2025;35(4):661–671. DOI: 10.1038/s41370-025-00770-6.
3. Andreev I. V. Vliyanie urovnya koncentracii kisloroda i otricatel'nyh ego ionov v uchebnoj auditorii na umstvennuyu rabotosposobnost' i akademicheskuyu uspevaemost' studentok [Influence of the oxygen concentration and its negatively charged ions in the classroom on the mental work productivity and academic progress of female students]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education]. 2009;(3):46–49. (In Russ.). Available at: science-education.ru (accessed: 24.07.2026).
4. Soukupová T., Čech J. Real-Time Eye Blink Detection Using Facial Landmarks. In: Proc. of the 21st Computer Vision Winter Workshop. 2016:12–19.
5. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. Sebastopol: O'Reilly Media; 2008.
6. Dokumentaciya po OpenCV [OpenCV Documentation]. 2026. Available at: opencv.org (accessed: 24.07.2026). (In Russ.).
7. Specifikaciya protokola MQTT Versiya 3.1.1. Standart OASIS [MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard]. 2026. Available at: oasis-open.org (accessed: 24.07.2026). (In Russ.).

Экономико-статистический анализ затрат автопроизводителей на пассивную безопасность в условиях структурной трансформации автомобильного рынка России

Устинов Кирилл Андреевич
аспирант, Высшая школа интеллектуальных систем и кибертехнологий, Поволжский государственный университет сервиса, ustinovkay@gmail.com

В статье проводится анализ структуры затрат автопроизводителей на пассивную безопасность на автомобильном рынке России за период 2020–2025 гг. Выявляются ключевые факторы формирования затрат, оценивается социально-экономический ущерб от аварийности, обосновывается необходимость эконометрического моделирования.
Ключевые слова: пассивная безопасность автомобилей, затраты автопроизводителей, автомобильный рынок России, экономико-статистическое моделирование, социально-экономический ущерб от ДТП, локализация производства.

Введение

Автомобильный рынок России в период с 2020 по 2025 год претерпел наиболее масштабную структурную трансформацию за все время постсоветского развития государства. Динамика продаж новых автомобилей в указанном периоде характеризуется выраженной нелинейностью, обусловленной совокупностью экзогенных шоков: пандемией COVID-19 в 2020 году, введением международных санкций в 2022 году, нарушением устоявшихся цепочек поставок комплектующих и изменение структуры самих рыночных участников. Вышеуказанные факторы оказали непосредственное влияние на условия формирования затрат автопроизводителей, в том числе затрат, связанных с обеспечением пассивной безопасности. В то же время, проблематика экономико-статистического моделирования указанных затрат в отечественной научной литературе остаётся недостаточно разработанной.

Цель исследования заключается в систематизации факторов, определяющих структуру затрат автопроизводителей на обеспечение пассивной безопасности на автомобильном рынке России в период 2020–2025 гг., а также выявлении методологических подходов к их экономико-статистическому моделированию.

Актуальность исследования обусловлена явным существующим пробелом в теоретико-методологической базе для разработки экономико-статистических моделей затрат на обеспечение пассивной безопасности, а также ограниченностью доступных статистических данных по рассматриваемой тематике.

Методы

Исследование выполнено на основе комплекса методов экономико-статистического анализа. Ход проведения исследования включал четыре последовательных этапа.

На первом этапе был осуществлен сбор и систематизация данных о динамике продаж новых и подержанных автомобилей на российском рынке за период с 2019 по 2025 гг. Источниками для накопления базы данных послужили официальные статистические платформы, научные работы Р.Д. Каримова и С.И. Баранчиковой [6], данные агентства «Автостат» [10], публикации «Коммерсанта» со ссылкой на ЕМИСС [12], а также материалы Минпромторга РФ [4]. Собранные данные включали объёмы продаж в натуральном выражении и средний возраст автомобильного парка.

На втором этапе был проведен анализ структурных изменений рынка, включающий оценку изменения состава ключевых участников-партнеров, соотношения отечественного производства к импорту, а также уровня концентрации рынка. При написании статьи использовались материалы научных работ Д.В. Воробьёвой и С.В. Щелоковой [5], исследования Н.Р. Кельчевской и А.Е. Контобойцевой, В.Ю. Земзюлиной, И.М. Пелымской [7]. Для оценки концентрации рынка был применён индекс Херфиндаля–Хиршмана, коэффициент вариации рыночных долей и индекс Линда. Кроме того, были проанализированы финансовые показатели АО «АВТОВАЗ», ПАО «ГАЗ», ООО «ЛиАЗ» на основе данных коэффициентов которых и делались выводы о ликвидности и автономии.

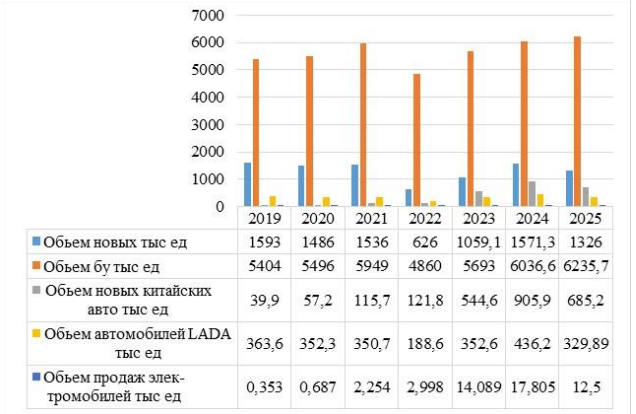
На третьем этапе был выполнен анализ причин проблемы обеспечения пассивной безопасности с экономического ракурса воззрения на проблематику вопроса. Были учтены результаты исследований Э.К. Агаханова [1] и Э.З. Батманова [3], разработавших методику суммарной оценки пассивной безопасности легковых автомобилей на основе анализа социально-экономического ущерба от ДТП, после чего была выявлена структура социально-экономического ущерба по источникам травмирования на основании полученных данных о ДТП в России за период 2020–2025 гг. Были рассмотрены комплексные показатели конструктивной безопасности, основанные на коэффициентах тяжести травм (лёгкие — 0,015; тяжёлые — 0,36; смертельные — 1,0). В ходе исследования были задействованы данные Научного центра БДД МВД России и статистики ГИБДД.

На четвёртом этапе был проведен обзор обеспечения нормативной базой испытаний на обеспечение пассивной безопасности автомобилей, был произведен анализ стратегических документов развития автомобильной промышленности, а также произведена систематизация доступных сведений о затратах на локализацию производства компонентов по обеспечению пассивной безопасности автомобиля. В результате произведенного анализа данных Verified Market Reports о мировом рынке систем пассивной безопасности, публикаций РБК, а также распоряжений Правительства РФ о Стратегии развития автомобильной промышленности до 2035 года [8] был сделан вывод о недостаточной состоятельности правового обеспечения пассивной безопасности автомобиля.

Результаты

Динамика продаж новых автомобилей за период с 2019 по 2025 гг. характеризуется выраженной деструктурированностью. В исследовании, проведенном Р.Д. Каримовым и С.И. Баранчиковой [6] приводятся статистические данные о том, что объём продаж в 2019 году составил 1593 тыс. единиц, в 2020 году снизился до 1486 тыс., в 2021 году частично восстановился до

1536 тыс. Кризисный 2022 год ознаменовался спадом до 626 тыс. единиц, связанным с уходом зарубежных автопроизводителей. В 2023 году продажи достигли 1059,1 тыс., в 2024 году — 1571,3 тыс. По данным «Автостат» [11], рынок вновь сократился на 15,6%, т.е. до 1326 тыс. единиц, что было обусловлено повышением ставок утилизационного сбора, отменой льготных тарифов и ключевой ставкой ЦБ на уровне 21% в период с октября 2024 года по июнь 2025 года (см. рис. 1).



	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Объем новых тыс ед	1593	1486	1536	626	1059,1	1571,3	1326
Объем бу тыс ед	5404	5496	5949	4860	5693	6036,6	6235,7
Объем новых китайских авто тыс ед	39,9	57,2	115,7	121,8	544,6	905,9	685,2
Объем автомобилей LADA тыс ед	363,6	352,3	350,7	188,6	352,6	436,2	329,89
Объем продаж электромобилей тыс ед	0,353	0,687	2,254	2,998	14,089	17,805	12,5

Рисунок 1 – Динамика автомобильного рынка в РФ 2019-2025 гг

Структурные изменения выразились и в кардинально обновленном составе участников- партнеров. Например, в исследовании Воробьёвой и Щелоковой [5] указывается, что после ухода зарубежных производителей их нишу заняли китайские бренды, продажи которых выросли с 33,3 тыс. единиц в 2018 году до 905,9 тыс. в 2024 году, а продажи LADA выросли с 188,6 тыс. в 2022 году до 436,2 тыс. в 2024 году. Исследование Н.Р. Кельчевской и А.Е. Контобойцевой и др.[7] свидетельствую о том, что доля отечественного производства снизилась с 83,8% в 2019 году до 50,0% в 2023 году, а доля импорта, наоборот, выросла с 16,2% до 50,0%.

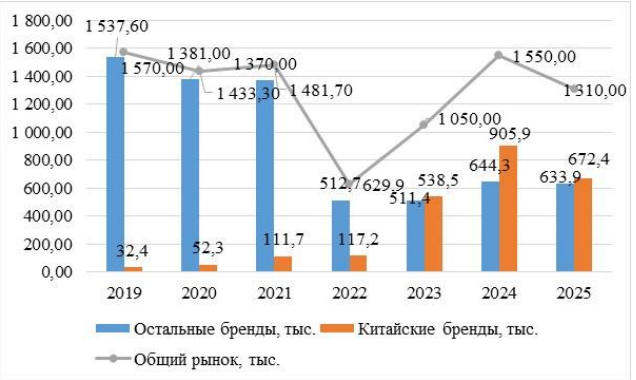


Рисунок 2 – Динамика продаж автомобилей китайских брендов 2019-2025

Анализ концентрации с применением индекса Херфиндаля–Хиршмана показал, что рынок характеризовался средней концентрацией, переходящей в высокую к концу периода, а коэффициент вариации рыночных долей превысил отметку в 33% (см. рис.2). В свою очередь, примененный индекс Линда продемонстрировал, что рыночная власть сконцентрирована у первых пяти производителей, среди которых доминируют АО «АВТОВАЗ» и группа ГАЗ.

Финансовое состояние АО «АВТОВАЗ» в 2019–2023 годах продемонстрировало несоответствие нормативным значениям. Так, коэффициент ликвидности на 2019 год составил 0,78 при требовании норматива не менее 1,5–2,0; в 2020 году — 1,20; а в 2021 году — 1,18. Коэффициент автономии в 2019 году составил 0,01, а в 2020 году вырос до 3,57, в 2021 году снизился до 2,91.[2] После 2022 года финансовая отчётность большинства российских автопроизводителей перестала публиковаться в открытом доступе (см. таблица 1).

Таблица 1
Доля китайских автомобилей в России 2-19-2025

Год	Общий рынок, тыс.	Китайские бренды, тыс.	Доля Китая, %	Остальные бренды, тыс.	Доля остальных, %
2019	1 570,00	32,4	2	1 537,60	98
2020	1 433,30	52,3	4	1 381,00	96
2021	1 481,70	111,7	8	1 370,00	92
2022	629,9	117,2	19	512,7	81
2023	1 050,00	538,5	51	511,4	49
2024	1 550,00	905,9	58	644,3	42
2025	1 310,00	672,4	51	633,9	49

Кроме того, необходимо учитывать и данные расчетного анализа. Например, Э.К. Агаханов и Э.З. Батманов [1] на основе данных о ДТП в России за период 2020–2025 годы указали, что наибольший социально-экономический ущерб связан с боковиной кузова (275,4 тыс. руб./ДТП, или 24,7%), рулевым управлением (272 тыс. руб./ДТП, или 24,4%) и панелью приборов (209,5 тыс. руб./ДТП, или 19%). Нарушение жизненного пространства салона составляет 146,4 тыс. руб./ДТП (13%), ветровое стекло — 80,6 тыс. руб./ДТП (7%) (см. рис. 3). Суммарная оценка с использованием уравнения регрессии показала, что присассивная безопасность легковых автомобилей в России соответствует первой категории социально-экономического ущерба (56 баллов из 100).

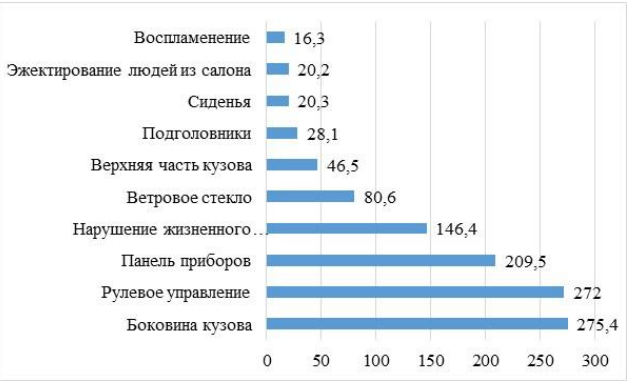


Рисунок 3 – Факторы социально-экономического ущерба от ДТП по травмоопасным элементам конструкции

К тому же, нельзя упускать из поля внимания и статистические данные по ДТП, которые демонстрируют противоречивую динамику. Так, по данным Научного центра БДД МВД России, в 2023 году произошёл рост аварийности: количество ДТП увеличилось на 4,5% (до 132 466), а число погибших — на 2,3% (до 14 504). По данным «Коммерсанта» [4] со ссылкой на ЕМИСС, в 2025 году произошло 128 тыс. ДТП, в которых погибло 13,9 тыс. человек. Ущерб от ДТП составил около 3% ВВП России. При этом показатель смертности на 100 тыс. населения составил 8,9 в 2023 году, что превышает показатели Германии (3,7), Японии (2,5) и Норвегии (2,0) (см. таблица 2).

Таблица 2
Перечень факторов социально-экономического ущерба от ДТП по травмоопасным элементам конструкции

№	Травмоопасный элемент	Ущерб, тыс. руб./ДТП	Доля, %
1	Боковина кузова	275,4	24,7
2	Рулевое управление	272	24,4
3	Панель приборов	209,5	19
4	Нарушение жизненного пространства салона	146,4	13
5	Ветровое стекло	80,6	7
6	Верхняя часть кузова	46,5	4
7	Подголовники	28,1	2,5
8	Сиденья	20,3	2
9	Эжектирование людей из салона	20,2	2
10	Воспламенение	16,3	1,5
Итого		1 115,30	100

Анализ доктринальные положений о затратах автопроизводителей на обеспечение пассивной безопасности автомобилей установил, что в отечественной научной литературе по данному направлению исследования отсутствуют публикации, содержащие количественные данные о структуре затрат на обеспечение пассивной безопасности автомобиля за последние пять лет. Доступные сведения носят фрагментарный характер: например, публикация РБК [9] сообщает о запуске группой «Соллерс» производства компонентов пассивной безопасности с объёмом инвестиций порядка 1,5 млрд руб.

В целом, мировой рынок систем пассивной безопасности, по данным Verified Market Reports, в 2023 году оценивался в 2,25 млрд долл., а США с прогнозом роста в 5,36 млрд долл. к 2034 году. Доля электроники в себестоимости автомобиля также значительно увеличилась - с 20% до 40% всего лишь только за период 2000–2022 годов [12].

Также необходимо указать в системном анализе и исследования рынка подержанных автомобилей, который вырос с 5404 тыс. единиц в 2019 году до 6036,6 тыс. в 2024 году. Таким образом, возраст парка увеличился с 13,4 до 14,1 года эксплуатации, что указывает на снижение темпов обновления автопарка моделями с современными системами безопасности. На фоне спада покупательской способности на новые автомобили и роста численности рынка подержанных автомобилей значительно возрос интерес и продажи электромобилей - с 0,353 тыс. единиц в 2019 году до 17,8 тыс. в 2024 году, а за восемь

месяцев 2026 года рынок электромобилей и гибридов составил 83,3 тыс. единиц, что составляет резкий рост на 93,6%.

Очень мало внимания уделяется нормативной базе в области испытаний по обеспечению пассивной безопасности автомобиля, что также является весомым упущением, потому как именно в этой «невидимой» сфере формируются двойные, а порой и тройные скрытые платежи, связанные с затратами на соблюдение норм недействующих законов, что заставляет несколько раз повторять один и тот же процесс соответствия. Тем не менее, Росстандарт все же инициировал разработку национальной методики краш-тестов RuNCAP, предусматривавшей фронтальный и боковой краш-тесты, а также испытания систем активной безопасности. Для части испытаний предполагалось использование компьютерного моделирования в целях экономии затрат, что благоприятно отразилось на бюджете испытаний. Например, компьютерное моделирование активно применялось в НАМИ при сертификации по правилам ЕЭК ООН № 94 (фронтальный удар) и № 95 (боковой удар) при выводе новых моделей на рынок в 2023 году, однако указанные правила считаются устаревшими по сравнению с методиками Euro NCAP, предусматривающими более жёсткие параметры испытаний (фронтальный удар на скорости 64 км/ч с 40-процентным перекрытием против 56 км/ч с 50-процентным перекрытием) [13] Независимые краш-тесты ARCAP, проводимые изданием «Авторевью», не имели официального статуса и не использовались в системе государственного регулирования.

На фоне указанных «утечек» бюджета на обеспечение разработок пассивной безопасности стратегия развития автомобильной промышленности РФ предусматривает к 2035 году увеличение производства легковых автомобилей до 4,22 млн машин в год [8].

Обсуждение. Сопоставление полученных результатов с данными зарубежных исследований выявляет принципиальное методологическое различие. В зарубежной литературе проблема оптимизации затрат на пассивную безопасность рассматривается преимущественно в техническом аспекте — как задача многокритериальной оптимизации конструкции при заданных массовых и жёсткостных ограничений. Например, Работа Long F.X. et al. (2024), опубликованная в ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization [15], посвящена генерации репрезентативных функций для задач оптимизации ударостойкости, где каждая конечно-элементная симуляция требует приблизительно 6 минут машинного времени. В свою очередь, работа Kohar C.F. et al. (2021), опубликованная в Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering [14], предлагает платформу машинного обучения для прогнозирования результатов CAE-симуляций при осевом смятии прямоугольных труб, применяемых в системах пассивной безопасности. При этом фреймворк включает построение виртуального плана экспериментов, обучение моделей ML и валидацию.

Работа Meng Z. et al. (2023), опубликованная в Structural and Multidisciplinary Optimization [16], разрабатывает методы слияния данных CAE-модели и натурных краш-тестов с применением временных свёрточных сетей. Все вышеуказанные работы не содержат эконометрической модели связи затрат с параметрами безопасности.

Аналитический отчёт Seidl et al. (TRL, 2024) [17] представляет анализ затрат и выгод от 19 технологий безопасности с отношением выгод к затратам от 4,3 до 5,7, однако проводится на макроуровне национальной программы Великобритании, а не на уровне предприятия-производителя. Это сопоставление показывает, что зарубежные исследования продвинулись в технической оптимизации конструкций, но экономико-математическое моделирование затрат на пассивную безопасность на уровне предприятия остаётся неразвитым как в зарубежной, так и в отечественной литературе.

Сопоставление зарубежных практик с методикой Батманова [3] показывает, что отечественный подход обеспечивает количественную оценку уровня безопасности и социально-экономического ущерба, но не устанавливает функциональную корреляцию между характеристиками технических устройств и затратами на их внедрение. Батманов прямо отмечает, что ресурсы, выделяемые на совершенствование пассивной безопасности, ограничены и мероприятия должны быть экономически обоснованы, однако существующая система отчётности по ДТП не располагает данными о травмоопасных элементах автомобилей.

Научный вклад исследования состоит в систематизации факторов, определяющих структуру затрат автопроизводителей на пассивную безопасность в условиях структурной трансформации рынка 2020–2025 годов, и обосновании необходимости разработки экономико-статистических моделей, связывающих параметры безопасности с производственными затратами. Выявлено, что ни одна из существующих методологических парадигм — ни техническая оптимизация конструкций, ни оценка социально-экономического ущерба — не решает задачу моделирования затрат на пассивную безопасность на уровне предприятия. Установлено, что в условиях ограниченности открытых финансовых данных после 2022 года построение эконометрических моделей затрат может опираться лишь на косвенные показатели: стоимость компонентов пассивной безопасности, затраты на проведение краш-тестов, инвестиции в локализацию и результаты технических испытаний, что никоем образом не отображает действующих реалий.

Заключение

Критический анализ результатов исследования позволяет сформулировать следующие умозаключения.

Российский автомобильный рынок в период 2020–2025 годов претерпел структурную трансформацию: смену ключевых участников-партнеров (доминирование китайских брендов и АО «АВТОВАЗ»), изменение соотношения отечественного производства и импорта и рост концентрации рынка. Финансовое состояние производителей в настоящее время характеризуется неоднородностью и ограниченной доступностью данных после 2022 года, что формирует методологическое ограничение для анализа затрат.

Структура социально-экономического ущерба от ДТП по источникам травмирования (боковина кузова — 24,7%, рулевое управление — 24,4%, панель приборов — 19%) указывает на приоритетные направления повышения пассивной безопасности, однако отсутствие функциональной связи между параметрами безопасности и затратами не позволяет ранжировать мероприятия по экономической эффективности. Суммарная оценка пассивной безопасности — 56 баллов из 100 — подтверждает наличие значительных резервов.

Мировая тенденция к увеличению доли электроники в себестоимости автомобиля (до 40%) и развитие сегмента электромобилей вносят дополнительные требования в обеспечении автомобиля пассивной безопасностью, связанные с защитой высоковольтных систем, что формирует новый класс затрат, не охваченный существующими моделями.

Нормативная база в области испытаний пассивной безопасности в России (правила ЕЭК ООН № 94 и № 95) отстаёт от методик Euro NCAP по жёсткости параметров, а независимые краш-тесты ARCAP не имеют официального статуса. Национальная программа RuNCAP находится на стадии создания, что ограничивает использование результатов испытаний в качестве источника данных для эконометрического моделирования.

Стратегия развития автомобильной промышленности на период до 2035 года устанавливает безубыточный объём выпуска в 370–500 тыс. автомобилей в год, что имеет прямое отношение к экономике обеспечения пассивной безопасности, поскольку инвестиции в НИОКР по безопасности окупаются только при достаточных объёмах производства. Государственное регулирование (балльная система оценки локализации, субсидии) прямо влияет на структуру затрат и может частично компенсировать затраты на внедрение систем пассивной безопасности.

Литература

1. Агаханов Э.К., Батманов Э.З. О суммарной оценке пассивной безопасности легковых автомобилей // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2012. №3 (26). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-summarnoy-otsenke-passivnoy-bezopasnosti-legkovyh-avtomobiley (дата обращения: 01.09.2026).
2. АО «АВТОВАЗ» бухгалтерская отчетность и финансовый анализ // Бухгалтерский учет. Налоги. Аудит https://www.audit-it.ru/buh_otchet/6320002223_ao-avtovaz (дата обращения: 01.09.2026).
3. Батманов Э. З. Интегральная оценка пассивной безопасности легковых автомобилей. Дисс. на соискание степени кан. тех. наук, 2004 // Электронная библиотека диссертаций https://www.dissercat.com/content/integralnaya-otsenka-passivnoi-bezopasnosti-legkovykh-avtomobilei(дата обращения: 01.09.2026).
4. В России за год снизилось число смертей на дорогах // Коммерсантъ. — 2026. — 19 января (№ 7). — URL: https://www.kommersant.ru/doc/8362307 (дата обращения: 01.09.2026).
5. Воробьёва Д. В., Щелокова С. В. Стратегические изменения на автомобильном рынке России в период 2018–2023 годов // Мир новой экономики. — 2025. — Т. 19, № 2. — С. 86–93. — DOI: 10.26794/2220-6469-2025-19-2-86-93.
6. Каримов Р.Д. , Баранчикова С.И. Анализ и динамика автомобильного рынка России (2019–2024) // Вестник магистратуры. 2025. №6-1 (165). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-dinamika-avtomobilnogo-rynka-rossii-2019-2024 (дата обращения: 01.09.2026).
7. Кельчевская Н. Р., Контобойцева А. Е., Земзюлина В. Ю., Пелымская И. С. Исследование рыночной структуры отрасли автомобильной промышленности Российской Федерации: тенденции и перспективы // Креативная экономика. — 2024. — Т. 18, № 12. — С. 3383–3406.
8. Распоряжение Правительства РФ от 24.08.2026 N 2267-р «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года» // Собрание законодательства РФ, 07.09.2026, N 36, ст. 4870.
9. РБК узнал о планах «Соллерса» выпускать ремни и подушки безопасности. — Текст: электронный // РБК: [официальный сайт]. — 2023. — 12 ноября. — URL: rbc.ru (дата обращения: 01.09.2026).
10. Рынок охвата автомобилей – август 2026 // Официальный портал Автостат Инфо https://avtostat-info.ru/ (дата обращения: 01.09.2026).
11. Рынок сдулся: почему отрасль автобизнеса сокращается год от года» Данные о закрытии автодилеров в 2026 г. (1728 закрыто, 1222 открыто), общее число дилеров, причины сокращения // https://rg.ru/2026/09/23/novye-pravila-igry-pochemu-krupnye-avtodilery-vynuzhdeny-zakryvatsia.html (дата обращения: 01.09.2026).
12. Рынок систем пассивной безопасности автомобилей размер и доля 2024 to 2032 // Отраслевые отчеты Global Market Insights https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/automotive-passive-safety-systems-market (дата обращения: 01.09.2026).

13. Euro NCAP ужесточила правила краш-тестов машин // Официальный портал https://rg.ru/2020/05/21/euro-ncap-uzhestochila-pravila-krash-testov-mashin.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 01.09.2026).
14. Kohar, C.P., Greve, L., Eller, T.K., Connolly, D.S., & Inal, K. (2021). A machine learning framework for accelerating the design process using CAE simulations: An application to finite element analysis in structural crashworthiness. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 385, 114008. DOI: 10.1016/j.cma.2021.114008
15. Long, F.X., van Stein, B., Frenzel, M., Krause, P., Gitterle, M., & Bäck, T. (2024). Generating cheap representative functions for expensive automotive crashworthiness optimization. ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization, 4(2). DOI: 10.1145/3646554
16. Meng, Z., Yıldız, B. S., Li, G., Zhong, C., Mirjalili, S., & Yildiz, A. R. (2023). Application of state-of-the-art multiobjective metaheuristic algorithms in reliability-based design optimization: a comparative study. Structural and Multidisciplinary Optimization, 66(8), 191.
17. Seidl, M., Smith, L., Palmer, D., Baverstock, C., Howes, O., Radcliffe, J., Gupta, B., Jones, M., Varadarajan, S., But, B., & Martin, P. (2024). Cost and benefit analysis of new vehicle safety technologies (Report No. PPR2077). TRL Limited; Great Britain Department for Transport.

Economic and statistical analysis of the costs of automotive manufacturers for passive safety in the context of the structural transformation of the Russian automotive market

Ustinov K.A.
Volga Region State University of Service

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article analyzes the cost structure of automakers for passive safety in the Russian automotive market for the period 2020-2025. Key factors in the formation of costs are identified, the socio-economic damage from accidents is assessed, and the need for econometric modeling is justified.

Keywords: Passive safety of vehicles, Automakers' costs, Russian automotive market, Economic and statistical modeling, Socio-economic damage from road accidents, Production localization.

References

1. Agakhanov E. K., Batmanov E. Z. On the Aggregate Assessment of Passive Safety in Passenger Cars // Vestnik DGTU (Bulletin of Don State Technical University). Technical Sciences. 2012. No. 3 (26). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-summarnoy-otsenke-passivnoy-bezopasnosti-legkovyh-avtomobiley (accessed: 01.09.2026).
2. JSC "AVTOVAZ": Financial Statements and Financial Analysis // Accounting. Taxes. Audit. URL: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/6320002223_ao-avtovaz (accessed: 01.09.2026).
3. Batmanov E. Z. Integral Assessment of Passive Safety in Passenger Cars. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences, 2004 // Electronic Library of Dissertations. URL: https://www.dissercat.com/content/integralnaya-otsenka-passivnoi-bezopasnosti-legkovykh-avtomobilei (accessed: 01.09.2026).
4. Number of Road Fatalities in Russia Decreases Over the Year // Kommersant. — 2026. — January 19 (No. 7). — URL: https://www.kommersant.ru/doc/8362307 (accessed: 01.09.2026).
5. Vorobyova D. V., Shchelokova S. V. Strategic Changes in the Russian Automotive Market (2018–2023) // The World of the New Economy. — 2025. — Vol. 19, No. 2. — pp. 86–93. — DOI: 10.26794/2220-6469-2025-19-2-86-93.
6. Karimov R. D., Baranchikova S. I. Analysis and Dynamics of the Russian Automotive Market (2019–2024) // Vestnik Magistratury (Master's Bulletin). 2025. No. 6-1 (165). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-dinamika-avtomobilnogo-rynka-rossii-2019-2024 (accessed: 01.09.2026).
7. Kelchevskaya N. R., Kontoboytseva A. E., Zemzyulina V. Yu., Pelymskaya I. S. A Study of the Market Structure of the Russian Federation's Automotive Industry: Trends and Prospects // Creative Economy. — 2024. — Vol. 18, No. 12. — pp. 3383–3406.
8. Order of the Government of the Russian Federation dated August 24, 2026, No. 2267-r "On Approval of the Strategy for the Development of the Automotive Industry of the Russian Federation until 2035" // Collected Legislation of the Russian Federation, September 7, 2026, No. 36, Art. 4870.
9. RBC Reports on Sollers' Plans to Produce Seatbelts and Airbags. — Text: electronic // RBC: [official website]. — 2023. — November 12. — URL: rbc.ru (accessed: 01.09.2026). 10. Automotive Market Coverage – August 2026 // Official portal Avtostat Info https://avtostat-info.ru/ (accessed: 01.09.2026).
11. "The Market Has Shrunk: Why the Automotive Business Sector Is Declining Year After Year" – Data on car dealership closures in 2026 (1,728 closed, 1,222 opened), total number of dealerships, and reasons for the decline // https://rg.ru/2026/09/23/novye-pravila-igry-pochemu-krupnye-avtodilery-vynuzhdeny-zakryvatsia.html (accessed: 01.09.2026).
12. Automotive Passive Safety Systems Market: Size and Share, 2024–2032 // Industry Reports by Global Market Insights https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/automotive-passive-safety-systems-market (accessed: 01.09.2026).
13. Euro NCAP Tightens Vehicle Crash Test Regulations // Official portal https://rg.ru/2020/05/21/euro-ncap-uzhestochila-pravila-krash-testov-mashin.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (accessed: 01.09.2026).
14. Kohar, C.P., Greve, L., Eller, T.K., Connolly, D.S., & Inal, K. (2021). A machine learning framework for accelerating the design process using CAE simulations: An application to finite element analysis in structural crashworthiness. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 385, 114008. DOI: 10.1016/j.cma.2021.114008
15. Long, F. X., van Stein, B., Frenzel, M., Krause, P., Gitterle, M., & Bäck, T. (2024). Generating cheap representative functions for expensive automotive crashworthiness optimization. ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization, 4(2). DOI: 10.1145/3646554
16. Meng, Z., Yıldız, B. S., Li, G., Zhong, C., Mirjalili, S., & Yildiz, A. R. (2023). Application of state-of-the-art multiobjective metaheuristic algorithms in reliability-based design optimization: a comparative study. Structural and Multidisciplinary Optimization, 66(8), 191.
17. Seidl, M., Smith, L., Palmer, D., Baverstock, C., Howes, O., Radcliffe, J., Gupta, B., Jones, M., Varadarajan, S., But, B., & Martin, P. (2024). Cost and benefit analysis of new vehicle safety technologies (Report No. PPR2077). TRL Limited; Great Britain Department for Transport.

Оценка латентной структуры издержек двусторонних торговых взаимодействий на основе обратной транспортной задачи

Федотов Павел Андреевич
аспирант, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, paulafed@yandex.ru

В настоящей работе рассматривается задача структурного анализа двусторонних торговых взаимодействий по наблюдаемым ежегодным объёмам транспортных потоков. Исходная матрица торговли рассматривается как транспортный план с фиксированными экспортными и импортными частными распределениями. На основе задачи Канторовича с энтропийной регуляризацией формулируется обратная постановка: требуется оценить латентную структуру торговых издержек. В статье показано, что матрица издержек неидентифицируема с точностью до аддитивных компонент (экспортёра и импортёра), а также предложен метод решения данной неоднозначности путём специальной ортогональной проекции. После удаления эффекта экспортёра и эффекта импортёра полученный вектор двусторонних компонент структуры издержек сопоставляется с аналогичным вектором, рассчитанным по матрице издержек, восстановленной нейронной сетью. Содержательная состоятельность предложенной автором конструкции проверяется по её связи с географическим расстоянием между странами, наличием общей границы и общего официального языка, а также на примере введения дополнительных тарифов в торговле между США и Китаем в 2018-2019 гг.

Ключевые слова: обратная транспортная задача, двусторонняя торговля, латентные торговые издержки, международная торговля.

Введение

Наблюдаемый объём торговли между двумя странами зависит не только от особенностей их взаимодействия, но и от того, насколько одна страна в целом является крупным экспортёром, а другая — крупным импортёром. Поэтому возникает естественное желание отделить влияние масштабов торговли отдельных стран от непосредственной специфики торговых партнёров и их взаимоотношений.

В качестве исходного объекта исследования берётся нормированная матрица торговых потоков по каждому товару из наперёд заданного списка. Затем с использованием аппарата обратной задачи Канторовича с энтропийной регуляризацией из логарифмов наблюдаемых объёмов товарных потоков выделяется двусторонняя составляющая, очищенная от указанных эффектов импортёра и экспортёра. В конце рассматривается, насколько содержательно интерпретируется полученный результат, а также проверяется его устойчивость.

Основная часть

Для фиксированного товара в фиксированный год наблюдений матрицу наблюдаемых торговых потоков обозначим через $P = (p_{ij})$, где $p_{ij} \geq 0$ есть нормированный объём торгового потока данного товара из страны i в страну j. Нормировка означает, что $\sum_{ij} p_{ij} = 1$. Суммы

$$a_i = \sum_j p_{ij} \text{ и } b_j = \sum_i p_{ij}$$

определяют соответственно долю страны i в мировом экспорте рассматриваемого товара и долю страны j в его мировом импорте. В используемой панели представлены 100 товаров группы HS92 на уровне шести знаков за 2000-2022 гг., то есть 2300 товаро-лет. Содержательные расчёты производятся для 91 страны, а внутренняя торговля не рассматривается. При сопоставлении соседних лет сохраняются только те (упорядоченные) пары стран, для которых соответствующие торговые потоки строго положительны в оба года.

Для заданных частных распределений a и b множество допустимых транспортных планов состоит из неотрицательных матриц $Q = (q_{ij})$, суммы строк которых равны a_i, а суммы столбцов — b_j. Матрица $C = (c_{ij})$ описывает латентную структуру издержек модели [1]. Латентна она в той степени, в которой по имеющимся данным невозможно, по крайней мере, с высокой точностью восстановить реальные издержки торговых взаимодействий для всех возможных пар стран в контексте данного товара. В настоящей работе используется задача Канторовича с энтропийной регуляризацией [2]:

$$Q_C = \arg\min_{Q \in \Pi(a,b)} \left[\sum_{i,j} c_{ij} q_{ij} + \varepsilon \sum_{i,j} q_{ij} (\ln q_{ij} - 1)\right], \varepsilon > 0. \#(1)$$

В расчётах $\varepsilon = 0.15$. Для положительного решения этой задачи используется представление вида

$$\ln p_{ij} = \alpha_i + \beta_j - \frac{c_{ij}}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где α_i зависит только от экспортёра, а β_j определяется только импортёром. Именно это соотношение доставляет возможность перейти к обратной постановке задачи. В прямой транспортной задаче известны частные распределения и матрица издержек, которая для каждой упорядоченной пары стран отражает её специфическую дороговизну торговли и напрямую не объясняется общим масштабом экспорта первой страны или масштабом импорта второй.

При этом матрица C не идентифицируется однозначно. Если к каждому c_{ij} прибавить величину u_i, зависящую только от экспортёра, и величину v_j, зависящую, в свою очередь, только от импортёра, то полученная матрица, оказывается, задаст тот же оптимальный план при фиксированных a и b. Действительно, для любого допустимого Q такая замена изменяет значение целевой функции на $u^t a + v^t b$, то есть на величину, не зависящую от распределения потоков между конкретными парами стран, а следовательно, из наблюдаемого плана нельзя однозначно восстановить величины всех элементов матрицы C, однако можно оценить ту их часть, которая остаётся после удаления «эффекта экспортёра» и «эффекта импортёра» [3].

Для фактически наблюдаемых (направленных) связей $E = \{(i,j): p_{ij} > 0\}$ строится матрица X_E, содержащая индикаторы экспортёров и импортёров. Тогда оператор

$$R_E = I - X_E X_E^+, \quad (3)$$

примени его к любому вектору соответствующей размерности, удаляет ту его часть, которая наилучшим образом представляется как сумма эффектов экспортёра и импортёра. В формуле (3) через X_E^+ обозначена псевдообратная матрица Мура-Пенроуза. Применение этого оператора к вектору логарифмов наблюдаемых потоков даёт

$$A_E = -R_E(\ln P_E) = R_E\left(\frac{C_E}{\varepsilon}\right), \quad (4)$$

где $P_E = (p_{ij})_{(i,j)\in E}$ и $C_E = (c_{ij})_{(i,j)\in E}$. Компоненты вектора A_E не следует трактовать непосредственно как наблюдаемые торговые издержки. Положительное значение означает что соответствующая связь является менее благоприятной

в контексте данной конкретной модели по сравнению с тем, что объясняется только лишь эффектом экспортёра и эффектом импортёра. Отрицательное значение, ясно, имеет обратный смысл. Величина компонента вектора A_E может отражать совместное действие географического расстояния, торговых ограничений и прочих факторов — важно понимать, что в данной задаче мы не можем идентифицировать эти источники и не стремимся к этому.

Наряду с аналитическим расчётом автор также использует нейросетевую реконструкцию матрицы C. Для каждой упорядоченной пары стран нейронная сеть получает пять числовых характеристик текущего товарогода, шестимерное представление экспортёра и аналогичное — импортёра. Два скрытых слоя по 32 нейрона формируют значение c_{ij} в интервале от 0 до 1. Нейронная сеть вовсе не обучается прогнозировать будущие торговые потоки — её цель состоит в подборе таких значений c_{ij}, что транспортный план, полученный путём решения прямой транспортной задачи Канторовича с энтропийной регуляризацией, насколько возможно меньше отличался от реально наблюдаемого. После обучения нейронной сети к восстановленной ею матрице издержек применяется тот же оператор R_E и после удаления эффекта экспортёра и эффекта импортёра полученный вектор сравнивается с аналогичным вектором, рассчитанным аналитически. Такое сопоставление разумно использовать в качестве дополнительной проверки.

Содержательная состоятельность предложенной автором конструкции проверяется по её связи с географическим расстоянием между странами, наличием общей границы и общего официального языка [4]. Чтобы не смешивать эти характеристики с различиями между самими странами, к объясняющим переменным применяется тот же оператор R_E. В 72 оценённых регрессиях (отличающихся по выбору конкретного товара и года) коэффициент при логарифме географического расстояния между странами оказался положительным во всех 72 случаях, коэффициент при индикаторе наличия общей границы — отрицательным во всех 72 случаях, а коэффициент при индикаторе наличия общего официального языка — отрицательным в 68 из 72 случаев. Данный результат скорее стоит трактовать следующим образом: после удаления эффекта экспортёра и эффекта импортёра полученная двусторонняя компонента систематически оказывалась связанной с фиксированными и репрезентативными характеристиками отношений между странами в ожидаемом нами направлении.

Таблица 1
Проверка связи двусторонней компоненты структуры издержек с постоянными признаками отношений между двумя конкретными странами

Фактор	Ожидаемое направление	Знак	Число случаев
Логарифм географического расстояния	Увеличение дороговизны торговли	+	72 из 72
Наличие общей границы	Уменьшение дороговизны торговли	–	72 из 72
Наличие общего официального языка	Уменьшение дороговизны торговли	–	68 из 72

Дополнительная внешняя проверка проводится на примере введения дополнительных тарифов в торговле между США и Китаем в 2018-2019 гг. В июле 2018 г. США ввели дополнительную пошлину 25% для 818 тарифных линий, в сумме охватывавших порядка 34 млрд. долл. США китайского импорта. В сентябре 2018 года для товаров, суммарный соответствующий объём торговли которыми составлял порядка 200 млрд. долл. США, была введена дополнительная ставка 10%, а в мае 2019 г. она была повышена до 25% [5, 6]. В текущем исследовании важна не политическая интерпретация этого эпизода, а наличие внешних изменений условий торговли для заранее определённого направления торговли из Китая в США. Для каждого товара k рассчитывается изменение той самой двусторонней компоненты (вектора A) между соседними годами:

$$\Delta A_{i,j,k,t} = A_{i,j,k,t+1} - A_{i,j,k,t}, \qquad (5)$$

после чего данное изменение для конкретной упорядоченной пары $(\text{Китай}, \text{США})$ сопоставляется с распределением аналогичных изменений всех остальных таких упорядоченных пар. Прежде всего, нас интересует переход от 2018 года к 2019 году — эта пара лет в данном случае здесь и фиксируется. Далее, опять-таки, для фиксированного товара k и для фиксированной пары $(\text{Китай}, \text{США})$, рассчитывается относительное положение указанного в формуле (5) изменения среди всех остальных упорядоченных пар рассматриваемых стран:

$$r_{k,t} = \frac{\#\{(i,j):\Delta A_{i,j,k,t} \le \Delta A_{\text{CHN}\to\text{USA},k,t}\}}{\#E_{k,t}}, \#(6)$$

Наконец,

$$\bar{r}_t = \frac{1}{92}\sum_{k=1}^{92} r_{k,t}\,. \qquad (7)$$

Наконец, рассчитывается величина

$$\tilde{r}_{2018} = \bar{r}_{2018} - \frac{1}{18}\sum_{t=2000}^{2017} \bar{r}_t\,. \qquad (8)$$

Для статистики $\tilde{r}_{2018}$ рассчитывается доверительный интервал уровня 0.95 методом «bootstrap» (выбор «из урны» с возвращением) товаров с 30 тысячами повторений. Также, чтобы исключить влияние изменения состава участников международной торговли на результат, статистика $\tilde{r}_{2018}$ дополнительно рассчитывается на фиксированном множестве тех стран, у которых данные о торговле наблюдаются во все годы рассматриваемого периода — для данной вариации данной статистики тем же способом строится доверительный интервал. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 2
Проверка устойчивости результата для направления из Китая в США в 2018-2019 гг.

Способ проверки	Аналитический расчёт	Нейросетевая реконструкция
Место среди 22 переходов от года к году	1-е	1-е
$\bar{r}_{2018}$ из формулы (7)	0.6358	0.7069
$\tilde{r}_{2018}$ из формулы (8)	$+0.2916$ $[0.1921, 0.3879]$	$+0.2310$ $[0.1573, 0.3025]$
$\tilde{r}_{2018}$, фиксированный состав связей, 2015-2019 гг.	$+0.2116$ $[0.1039, 0.3161]$	$+0.1814$ $[0.0986, 0.2642]$

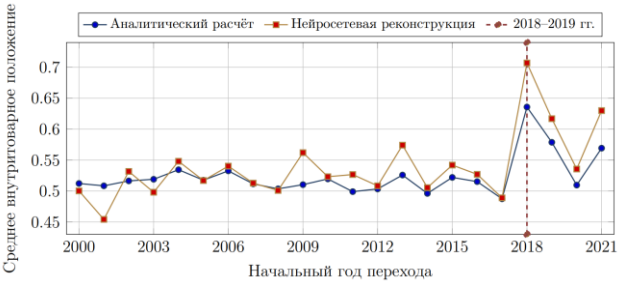


Рисунок 1 — Среднее потоварное положение изменения двусторонней компоненты для направления торговли из Китая в США на выборке из 92 товаров

Динамика статистики $\bar{r}_t$ отражена на рисунке 1. Вертикальная пунктирная линия подчёркивает переход от 2018 к 2019 году.

В качестве дополнительной проверки рассматривается случившееся в 2011 году наводнение в Таиланде. Оно затронуло целый ряд отраслей, включённых в международные производственные цепочки [7]. Для данного случая применялась та же логика межгодового сопоставления и сравнения с предшествующей динамикой, но вместо среднего потоварного ранга «двусторонней компоненты» сравнивались средние логарифмические изменения совокупного экспорта шести товаров релевантного отраслевого толка с остальными 94 товарами:

$$D_t = \overline{\Delta \ln X_{6,t}} - \overline{\Delta \ln X_{94,t}}\,. \qquad (9)$$

Товарные позиции HS92-6 следующие: 847330, 848180, 850440, 852810, 870829, 870899. Данные расчёта статистики D_t отражены на рисунке 2.



Рисунок 2 — Разность средних логарифмических изменений экспорта между шестью товарами отраслевого приближения и остальными 94 товарами выборки для Таиланда

В 2010-2011 гг. среднее логарифмическое изменение абсолютного экспорта указанной группы было на 0.1742 ниже, чем у остальных товаров. После учёта предшествующей разницы статистика

$$\tilde{D}_{2010} = D_{2010} - \frac{1}{10}\sum_{t=2000}^{2009} D_t \qquad (10)$$

составила -0.1820 с 95-процентным bootstrap-интервалом $[-0.3458, -0.0295]$. В 2011-2012 гг., наоборот, наблюдается обратное изменение до $+0.2495$ с интервалом $[0.1062, 0.4066]$.

Заключение

В настоящей статье на основе обратной транспортной задачи была выделена идентифицируемая двусторонняя компонента структуры торговых издержек, очищенная от эффектов общего масштаба экспорта и импорта стран. Полученная конструкция продемонстрировала свою содержательность как на постоянных структурных характеристиках, присущих парам стран, так и при проверке на внешних шоках, включая торговое противостояние США и Китая и наводнение в Таиланде. Это даёт основание использовать разработанный инструментарий в качестве инструмента дальнейшего анализа динамики и природы изменений международной торговли.

Литература

1. Богачёв В. И., Колесников А. В. Задача Монжа–Канторовича: достижения, связи и перспективы // Успехи математических наук. 2012. Т. 67, № 5. С. 3–110. DOI: 10.4213/rm9490.
2. Гасников А. В., Гасникова Е. В., Мендель М. А., Чепурченко К. В. Эволюционные выводы энтропийной модели расчёта матрицы корреспонденций // Математическое моделирование. 2016. Т. 28, № 4. С. 111–124.
3. Иванова А. С., Омельченко С. С., Котлярова Е. В., Матюхин В. В. Калибровка параметров модели расчёта матрицы корреспонденций для г. Москвы // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12, № 5. С. 961–978. DOI: 10.20537/2076-7633-2020-12-5-961-978.
4. Баева М. А., Казарян М. О., Лощенкова А. Н. Оценка влияния инвестиций в инфраструктуру на торговлю в странах ЕАЭС с помощью гравитационной модели // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». 2026. Т. 21, № 1. С. 21–41. DOI: 10.17072/1994-9960-2026-1-21-41.
5. Кучма Н. С. Торговая война между США и Китаем: реакция фондовых бирж на трансформацию внешнеполитической повестки // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2019. Т. 27, № 3. С. 415–428. DOI: 10.22363/2313-2329-2019-27-3-415-428.
6. Богаевская О. В., Борисова А. Р., Бунина А. А., Гудев П. А., Давыдов А. А., Десятски Е. А., Дмитриев С. С., Журавлева В. Ю., Кислицын С. В., Кириченко Э. В., Кулакова В. К., Мишин И. О., Чудинова К. О. Третий год Трампа в Белом доме: идейный раскол и международная конфликтность // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. 2020. № 1. С. 23–50. DOI: 10.20542/afij-2020-1-23-50.
7. Мазитова М. Г. Участие России в глобальных производственных сетях: современные тенденции // Регионалистика. 2023. Т. 10, № 2. С. 78–83. DOI: 10.14530/reg.2023.2.78.

Estimation of the latent structure of bilateral trade costs using an inverse optimal transport problem

Fedotov P. A.

Russian University of Economics named after G. V. Plekhanov

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper considers the problem of structural analysis of bilateral trade interactions based on observed annual trade flows. The initial trade matrix is treated as a transport plan with fixed export and import marginal distributions. Based on the Kantorovich problem with entropic regularization, an inverse formulation is introduced in which the latent structure of trade costs is to be estimated.

The paper shows that the cost matrix is not identifiable up to additive exporter- and importer-specific components and proposes a method for resolving this ambiguity by means of a special orthogonal projection. After removing exporter and importer effects, the resulting vector of bilateral components of the cost structure is compared with an analogous vector calculated from the cost matrix reconstructed by a neural network. The substantive validity of the proposed construction is assessed through its relationship with geographical distance between countries, the presence of a common border and a common official language, as well as using the introduction of additional tariffs in trade between the United States and China in 2018–2019 as an example.

Keywords: inverse optimal transport, bilateral trade, latent trade costs, international trade.

References

1. Bogachev V. I., Kolesnikov A. V. The Monge–Kantorovich problem: achievements, connections, and prospects // Russian Mathematical Surveys. 2012. Vol. 67, No. 5. P. 785–890. DOI: 10.1070/RM2012v067n05ABEH004808.
2. Gasnikov A. V., Gasnikova E. V., Mendel M. A., Chepurchenko K. V. Evolutionary derivation of the entropy model for calculating the origin–destination matrix // Mathematical Models and Computer Simulations. 2016. Vol. 28, No. 4. P. 111–124.
3. Ivanova A. S., Omelchenko S. S., Kotlyarova E. V., Matyukhin V. V. Calibration of the parameters of the origin–destination matrix calculation model for Moscow // Computer Research and Modeling. 2020. Vol. 12, No. 5. P. 961–978. DOI: 10.20537/2076-7633-2020-12-5-961-978.
4. Baeva M. A., Kazaryan M. O., Loshchenkova A. N. Assessing the impact of infrastructure investment on trade in the EAEU countries using a gravity model // Perm University Herald. Economy. 2026. Vol. 21, No. 1. P. 21–41. DOI: 10.17072/1994-9960-2026-1-21-41.
5. Kuchma N. S. US – China trade war: reaction of stock exchanges to the transformation of the foreign policy agenda // RUDN Journal of Economics. 2019. Vol. 27, No. 3. P. 415–428. DOI: 10.22363/2313-2329-2019-27-3-415-428.
6. Bogaevskaya O. V., Borisova A. R., Bunina A. A., Gudev P. A., Davydov A. A., Desyatski E. A., Dmitriev S. S., Zhuravleva V. Yu., Kislitsyn S. V., Kirichenko E. V., Kulakova V. K., Mishin I. O., Chudinova K. O. Trump's third year in the White House: ideological divide and international conflict // Analysis and Forecasting. IMEMO Journal. 2020. No. 1. P. 23–50. DOI: 10.20542/afij-2020-1-23-50.
7. Mazitova M. G. Russia's participation in global production networks: current trends // Regionalistics. 2023. Vol. 10, No. 2. P. 78–83. DOI: 10.14530/reg.2023.2.78.

Сравнительный анализ вариантов аппроксимации диаграммы деформирования при расчёте трещиностойкости сталефиброжелезобетонных изгибаемых элементов

Голубева Анастасия Максимовна
магистрант, кафедра железобетонных и каменных конструкций, Санкт–Петербургский государственный архитектурно–строительный университет (СПБГАСУ), a.nastya1608@mail.ru,

Хегай Татьяна Сергеевна
кандидат технических наук, доцент, кафедра железобетонных и каменных конструкций, Санкт–Петербургский государственный архитектурно–строительный университет (СПБГАСУ), ts_khegai@mail.ru

В статье рассматривается методика расчёта трещиностойкости изгибаемых элементов из сталефиброжелезобетона – композитного материала, сочетающего бетонную матрицу, стержневую арматуру и стальные фибры. Предложена расчётная модель, реализованная в табличном процессоре Excel на основе нелинейной деформационной модели со слоистой дискретизацией сечения. Для этой модели выполнено сравнение четырёх вариантов аппроксимации диаграммы деформирования фибробетона при растяжении: нормативной трёхлинейной по СП°360.1325800.2017, уточнённой трёхлинейной, шестилинейной и восьмилинейной, построенных на основе экспериментальных данных, полученных в лаборатории СПбГАСУ. Результаты сопоставлены с классическим расчётом по методу предельных усилий и с экспериментальными данными. Установлено, что варианты 2–4 дают близкие значения по предельному моменту и прогибам, а наиболее чувствительными параметрами являются момент трещинообразования и ширина раскрытия трещин. Шестилинейная диаграмма рекомендуется для внедрения в инженерную практику, так как обеспечивает оптимальное сочетание точности и простоты выполнения.
Ключевые слова: сталефиброжелезобетон, трещиностойкость, нелинейная деформационная модель, диаграмма растяжения, изгибаемые элементы, фибровое армирование.

Введение

Традиционный железобетон, являясь основным строительным материалом, обладает рядом ограничений, главным из которых является низкая трещиностойкость и склонность к хрупкому разрушению при растяжении. Одним из эффективных путей преодоления этих недостатков является дисперсное армирование бетонной матрицы стальными волокнами [1]. Наибольшее распространение получила анкерная стальная фибра с отогнутыми концами, обеспечивающая надёжное механическое зацепление с матрицей и высокую остаточную прочность после образования трещин [4].

Сталефиброжелезобетон (СФБЖБ) – это композитный материал, сочетающий три компонента: бетонную матрицу, стержневую арматуру и стальные фибры. Такое сочетание позволяет получить материал с качественно новыми свойствами: повышенной трещиностойкостью, вязкостью разрушения и способностью воспринимать нагрузки после образования трещин [1, 4, 7]. Фибры, пересекающие устье трещины, «зашивают» её, препятствуя раскрытию и перераспределяя напряжения на бетонную матрицу.

Расчёт конструкций из сталефиброжелезобетона по трещиностойкости может выполняться двумя способами: по упрощённому методу предельных усилий (МПУ) и на основе нелинейной деформационной модели (НДМ). В СП°360.1325800.2017 предусмотрена возможность использования НДМ, однако диаграммы деформирования растянутой зоны носят обобщённый характер и не учитывают в явном виде конкретные параметры фибры (длина, диаметр, форма анкеровки, процент армирования) и класс бетона–матрицы. Большинство экспериментальных данных, положенных в основу норм, получено для ограниченного набора типов фибры [6].

При расчёте трещиностойкости по НДМ ключевым является выбор диаграммы деформирования фибробетона при растяжении. Нормативная диаграмма не отражает реальную работу анкерной фибры в бетонах классов В20–В30 при процентах армирования 0,5–2,0% [2, 3]. В связи с этим возникает неопределённость при выборе деформационной модели, что и определяет актуальность настоящего исследования. Работа посвящена сравнению четырёх вариантов аппроксимации диаграммы деформирования фибробетона при растяжении и выбору оптимального из них для инженерной практики. Зарубежные исследования также подтверждают необходимость учёта реальной диаграммы растяжения фибробетона.

Цель и задачи

Цель работы – разработать и верифицировать методику расчёта трещиностойкости изгибаемых элементов из сталефиброжелезобетона, учитывающую физическую нелинейность композитного материала и конкретные параметры фибрового армирования.

Задачи исследования:

Систематизировать параметры полных диаграмм деформирования фибробетона при растяжении для классов бетона В20–В30 и процентов армирования 0,5–2,0 % на основе экспериментальных данных, полученных в лаборатории СПбГАСУ.

Разработать методику расчёта трещиностойкости на основе НДМ со слоистой дискретизацией сечения и реализовать её в табличном процессоре Excel для четырёх вариантов аппроксимации диаграммы растяжения.

Выполнить верификацию разработанной методики путём сопоставления результатов расчёта с экспериментальными данными.

На данный момент разработана и реализована в табличном процессоре Excel слоистая деформационная модель, позволяющая выполнять расчёт по НДМ для четырёх вариантов аппроксимации диаграммы растяжения. Расчёт включает определение момента трещинообразования, ширины раскрытия трещин, прогибов и предельного момента. Выполнено сопоставление результатов расчёта по НДМ с классическим расчётом по МПУ и с экспериментальными данными.

Объект исследования – изгибаемые сталефиброжелезобетонные элементы (балки) прямоугольного сечения.

Исходные данные расчета

Характеристики рассматриваемого элемента

Расчёт выполнялся для балки прямоугольного сечения 100×220 мм с пролётом 1500 мм, загруженной по четырёхточечной схеме (зона чистого изгиба 500 мм). Армирование: 2 стержня диаметром 10 мм класса А400 (A_s = 157 мм²), защитный слой (до нижней грани стержня) 15 мм, рабочая высота сечения h_0°=°220 – 15 – 10 / 2 = 200 мм (геометрия образца SFC [12]). Бетон–матрица – класс В30, объёмное содержание анкерной стальной фибры μ_f= 1,0 %.

Диаграммы деформирования сталефибробетона

Данные для построения диаграмм деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении были взяты по результатам испытаний, проведенных в лаборатории СПбГАСУ.

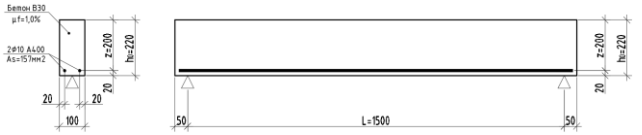


Рисунок 1 – Рассматриваемый СФБЖБ элемент (балка)

Для всех вариантов расчёта диаграмма зависимости деформаций от напряжений сталефибробетона при осевом сжатии принималась трёхлинейная по СП°360.1325800.2017.

Диаграмма деформирования сталефибробетона при осевом растяжении рассматривалась в четырех вариантах:

Вариант 1 – трёхлинейная нормативная диаграмма по СП°360.1325800.2017;

Вариант 2 – трёхлинейная диаграмма на основе экспериментальных данных;

Вариант 3 – шестилинейная диаграмма на основе экспериментальных данных;

Вариант 4 – восьмилинейная диаграмма на основе экспериментальных данных.

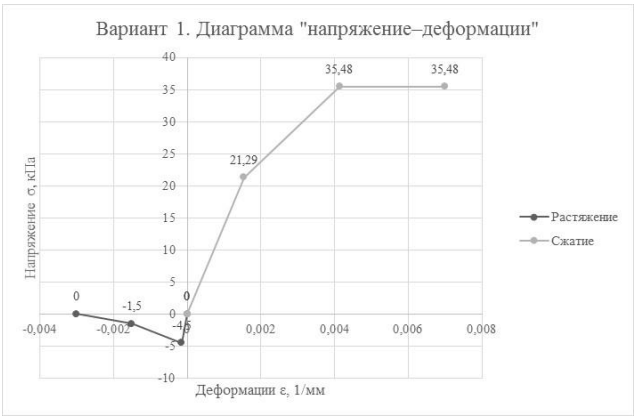


Рисунок 2 – Вариант 1. Диаграмма «напряжение–деформации»

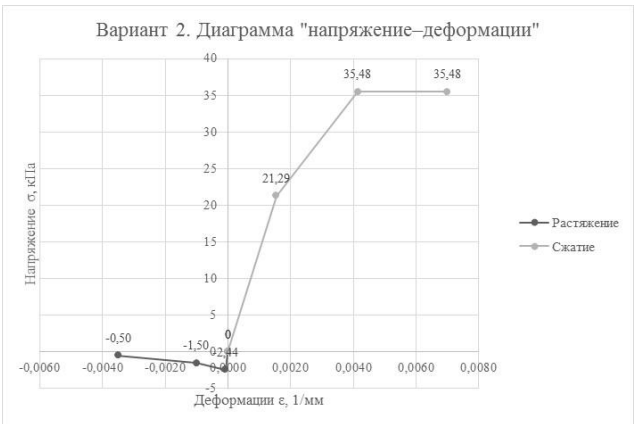


Рисунок 3 – Вариант 2. Диаграмма «напряжение–деформации»

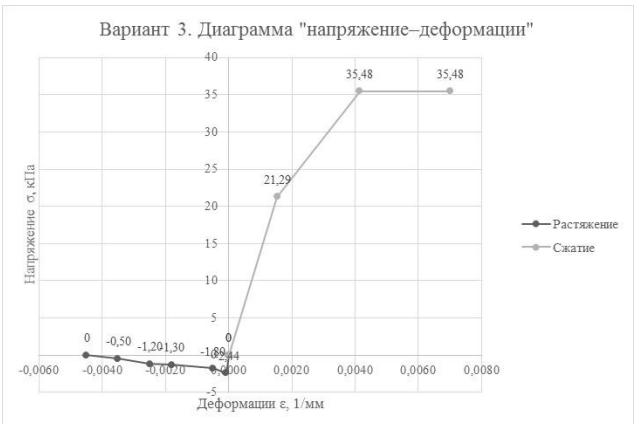


Рисунок 4 – Вариант 3. Диаграмма «напряжение–деформации»

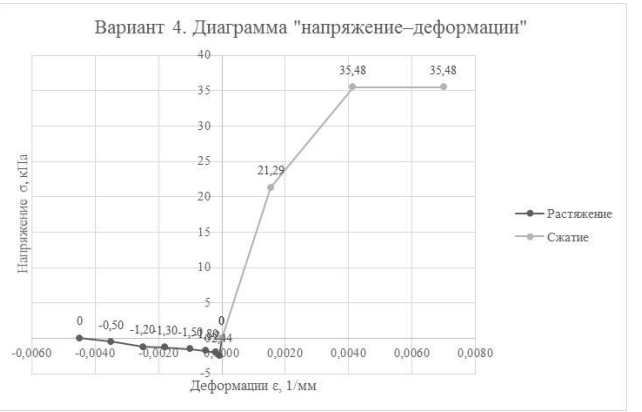


Рисунок 5 – Вариант 4. Диаграмма «напряжение–деформации»

На рисунках 2–5 представлены рассматриваемые варианты диаграмм деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении. Из характера кривых видно, что нормативная диаграмма (вариант 1) имеет существенно завышенную пиковую прочность (4,5 МПа) по сравнению с экспериментальными данными (2,44 МПа), что приводит к завышению расчётных характеристик. Остальные три варианта построены на единой экспериментальной базе и различаются только степенью аппроксимации.

Расчёт по методу предельных усилий

На первом этапе был выполнен классический расчёт по методу предельных усилий (МПУ) в соответствии с СП°63.13330.2018 и СП°360.1325800.2017. Исходные данные: b = 100 мм, h = 220 мм, a = 15 мм, h_0°=°200 мм, A_s = 157 мм², R_{fb} = 35,48 МПа, R_s = 400 МПа, E_s = 200 000 МПа, $\varepsilon_{fb,ult}$ = 0,0035, L = 1500 мм.

Алгоритм расчёта:

Высота сжатой зоны:

$x = (R_s \times A_s) / (R_b \times b) = (400 \times 157) / (35{,}48 \times 100) = 17{,}70$ мм.

Граничная высота сжатой зоны:

$\xi_R = 0{,}8 / (1 + R_s / (E_s \times \varepsilon_{b,ult})) = 0{,}509$; $x_R = 101{,}81$ мм. Условие $x \le x_R$ выполняется.

Предельный момент:

$M_{ult} = R_s \times A_s \times (h_0 - 0{,}5x) = 400 \times 157 \times (200 - 0{,}5 \times 17{,}70) = 12{,}00$ кН·м.

Момент трещинообразования:

$M_{crc} = R_{fbt} \times W_{pl} = 4{,}5 \times (100 \times 220^2 / 3{,}5) = 6{,}22$ кН·м.

Ширина раскрытия трещин:

поскольку $M_{service} = 0{,}4 \times M_{ult} = 4{,}80$ кН·м < $M_{crc} = 6{,}22$ кН·м, трещины не образуются, $a_{crc} = 0$.

Прогиб при предельном моменте: f = 3,48 мм.

Таким образом, по МПУ получены следующие результаты: M_{crc}°=°6,22°кН·м, M_{ult} = 12,00 кН·м, a_{crc} = 0 мм, f = 3,48 мм.

Расчёт по нелинейной деформационной модели

Расчёт по НДМ выполнялся в табличном процессоре Excel с использованием решателя Solver [5, 7].

Алгоритм расчёта включал следующие шаги:

Задание начальных параметров деформирования (кривизна, высота сжатой зоны).

Вычисление деформаций в каждом из 20 слоёв по гипотезе плоских сечений.

Определение напряжений по диаграммам деформирования (для сжатой зоны – трёхлинейная диаграмма по СП°360.1325800.2017, для растянутой – один из четырёх вариантов).

Вычисление внутренних усилий суммированием по слоям.

Проверка равновесия и коррекция высоты сжатой зоны методом Ньютона–Рафсона.

Определение момента трещинообразования, ширины раскрытия трещин, прогибов и предельного момента.

Для обеспечения сходимости итерационного процесса начальное значение кривизны определялось по упругому расчёту приведённого сечения:

$$\chi_0 = \frac{M_0}{E_b \cdot I_{red}} \quad (1),$$

где M_0 – начальный изгибающий момент (принимается ориентировочно как 0,6 от ожидаемого предельного момента), E_b – начальный модуль упругости бетона, I_{red} – приведённый момент инерции сечения с учётом арматуры.

Сечение разбивалось по высоте на n элементарных слоёв толщиной Δy (в настоящей работе n = 20, Δy = 11 мм). Для заданной максимальной деформации сжатого волокна $\varepsilon_{c,max}$ и текущей высоты сжатой зоны x деформация в i–м слое, расположенном на расстоянии y_i от верхней грани, вычислялось по гипотезе плоских сечений:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{c,max} \cdot \frac{y_i - (h - x)}{x} \quad (2).$$

Деформация в стержневой арматуре:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{c,max} \cdot \frac{x - a}{x} (3),$$

где a – защитный слой.

По деформациям с использованием заданных диаграмм определялись напряжения: для сжатых слоёв – $\sigma_{c,i} = f_c(\varepsilon_i)$, для растянутых – $\sigma_{ft,i} = f_{ft}(\varepsilon_i)$ для арматуры – $\sigma_s = f_s(\varepsilon_s)$. Внутреннее продольное усилие вычислялись суммированием по всем слоям и арматуре:

$N_{int} = \sum_{i=1}^{n} \sigma_{c,i} \cdot b \cdot \Delta y + \sigma_s \cdot A_s$(4).

Равновесное положение нейтральной оси (x) находилось итерационно из условия $N_{int} \approx 0$ (методом Ньютона–Рафсона). После достижения равновесия изгибающий момент внутренних сил относительно центра тяжести растянутой арматуры вычислялся как:

$M_{int} = \sum_{i=1}^{n} \sigma_{c,i} \cdot b \cdot \Delta y \cdot (h_0 - y_i) + \sigma_s \cdot A_s \cdot 0$(5).

Путём последовательного увеличения $\varepsilon_{c,max}$ строилась полная диаграмма «изгибающий момент–кривизна», фиксировались характерные точки, позволяющие определить искомые параметры: момент трещинообразования, предельный момент, ширина раскрытия трещин.

Результаты расчёта и верификация

Сравнение МПУ и НДМ

Сравнительная таблица результатов расчёта по МПУ и НДМ для четырёх вариантов диаграмм представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение результатов расчёта по МПУ и НДМ

Параметр	МПУ	НДМ (Вар.1)	НДМ (Вар.2)	НДМ (Вар.3)	НДМ (Вар.4)
M_{crc}, кН·м	6,22	5,15	3,18	3,17	3,11
M_{ult}, кН·м	12,00	9,65	8,57	8,59	8,51
a_{crc} при 0,4M_{ult}, мм	0	0,0017	0,0021	0,0018	0,0021
f при M_{ult}, мм	3,48	9,14	8,29	8,31	8,13

По результатам расчёта получили, что МПУ даёт завышенные значения предельного момента (12,00 кН·м) по сравнению с НДМ (8,51–9,65 кН·м), а также существенно завышенное значение момента трещинообразования (6,22°кН·м против 3,11–5,15 кН·м). Это объясняется тем, что МПУ не учитывает нелинейный характер деформирования, а также перераспределение усилий между слоями сечения. НДМ, напротив, учитывает реальные диаграммы деформирования и позволяет получить более точные значения [2, 5].

Следует также отметить, что прогибы по МПУ (3,48 мм) существенно ниже прогибов по НДМ (8,13–9,14 мм), что связано с использованием упрощённой формулы для прогиба в МПУ без учёта нелинейного деформирования и трещинообразования. Этот результат подтверждает, что классический метод предельных усилий применим только для оценки прочности, но не для оценки деформативности и трещиностойкости конструкций из сталефиброжелезобетона.

Сравнение результатов расчёта по четырём вариантам диаграмм

Результаты расчёта по НДМ для четырёх вариантов диаграмм растяжения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчёта по НДМ для четырёх вариантов диаграмм

Вариант	Диаграмма	M_{crc}, кН·м	M_{ult}, кН·м	a_{crc} при 0,4M_{ult}, мм	f при M_{ult}, мм
1	СП°360.1325800.2017 (трёхлинейная)	5,15	9,65	0,0017	9,14
2	трёхлинейная	3,18	8,57	0,0021	8,29
3	шестилинейная	3,17	8,59	0,0018	8,31
4	восьмилинейная	3,11	8,51	0,0021	8,13

Как видно из таблицы 2 для вариантов 2–4 момент трещинообразования находится в пределах 3,11–3,18 кН·м. Нормативная диаграмма СП°360.1325800.2017 (вариант 1) даёт заметно большее значение M_{crc} = 5,15 кН·м. Причиной является завышенная пиковая прочность фибробетона на растяжение (4,5 МПа вместо 2,44 МПа, полученных для анкерной фибры в лаборатории).

В нелинейной деформационной модели растянутые слои непосредственно участвуют в формировании внутреннего момента, поэтому завышение σ_t приводит к завышению M_{crc}. По той же причине вариант 1 показывает и наибольший предельный момент – 9,65 кН·м, тогда как у вариантов 2–4 M_{ult} составляет 8,51–8,59 кН·м. Ширина раскрытия трещин при 0,4M_{ult} у вариантов 2–4 составляет 0,0018–0,0021 мм, а прогибы при предельной нагрузке составили 8,13–8,31 мм.

На рисунке 6 сопоставлены графики «изгибающий момент–кривизна» для четырёх вариантов. До образования трещин все четыре варианта практически совпадают, поскольку жёсткость определяется начальным модулем упругости, одинаковым для всех диаграмм. После образования трещин вариант 1 (СП°360.1325800.2017) даёт заметно более высокую кривую из-за завышенной остаточной прочности. Варианты 2–4 образуют компактную группу практически совпадающих кривых, что свидетельствует о слабой чувствительности интегральных параметров (M_{ult}, f) к деталям аппроксимации нисходящей ветви. Наиболее чувствительными к типу диаграммы оказываются момент трещинообразования M_{crc} и ширина раскрытия трещин a_{crc}.

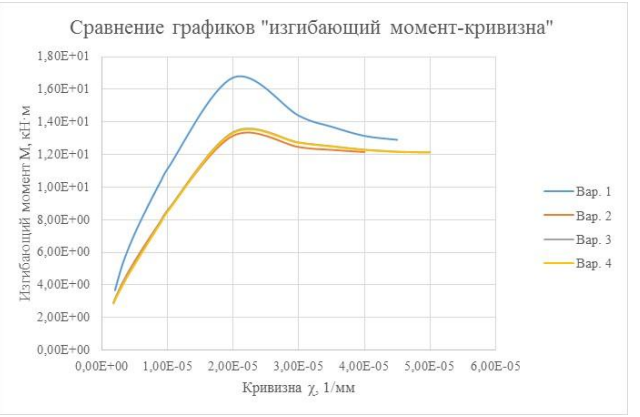


Рисунок 6 – Сравнение графиков «изгибающий момент–кривизна»

Верификация по экспериментальным данным

Верификация разработанной методики выполнялась путём сопоставления результатов расчета по НДМ с экспериментальными данными, представленными в исследованиях Nawar M.T. и соавторов [12].

Образец SFC (табл. 1 [12]), выбранный для верификации, представляет собой балку прямоугольного сечения размерами 100×220 мм с пролётом 1500 мм, загруженную по четырёхточечной схеме (зона чистого изгиба 500 мм). Бетон-матрица имеет прочность на сжатие R_{fb} = 47,2 МПа, модуль упругости E_{fb}°=°22845 МПа, прочность на растяжение при раскалывании $f_{ct,sp}$ = 6,65 МПа. Армирование: 2 стержня диаметром 10 мм класса А400 (A_s = 157 мм²), защитный слой a = 15 мм, рабочая высота h_0 = 200 мм. Объёмное содержание стальной фибры с анкерными концами составляет μ_f = 1,0 %

Сравнение расчётных и экспериментальных значений по данным Nawar M.T. и соавторов [12] представлено в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение расчётных и экспериментальных значений

Параметр	[12] (образец SFC, μ_f = 1,0 %)	Расчёт по НДМ	Отклонение, %
M_{crc}, кН·м	7,36	9,93	+34,9
M_{ult}, кН·м	20,25	18,51	-8,6
$\varepsilon_{c,max}$	0,0009	0,0012	+33,3
f при M_{ult}, мм	12,9	15,85	+22,9

Примечания: 1)Моменты M_{ult} для [12] получены пересчётом разрушающей нагрузки по формуле M = P×L/6 для четырёхточечной схемы; M_{crc} получен пересчётом по формулам СП°360.1325800.2017: $M_{crc} = R_{fbt} \times W_{pl} = 0{,}8 \times f_{ct,sp} \times W_{pl}$ = = 0,8×6,65×(100×220² /3,5) ≈ 7,36 кН·м. 2) В расчете по НДМ была принята трехлинейная диаграмма деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении в соответствии с нормами.

Из таблицы 3 видно, что расчётное значение M_{crc} превышает экспериментальное на 34,9%, а расчётное значение M_{ult} ниже экспериментального на 8,6%. Отклонение по максимальной деформации сжатия составляет 33,3%, по прогибу – 22,9%. Ширина раскрытия трещин в эксперименте не приведена, поэтому сравнение по этому параметру не выполнялось.

Наиболее вероятными причинами расхождений являются идеализация диаграмм деформирования (кусочно-линейная аппроксимация вместо реальных нелинейных зависимостей), погрешность инженерных методов определения M_{crc} по формулам СП°360.1325800.2017 и расчётного M_{ult} по выбранному критерию, статистический разброс свойств сталефибробетона из-за неравномерного распределения фибры, а также отличие условий нагружения и граничных условий в эксперименте от идеализированной расчётной схемы.

Несмотря на указанные отклонения, качественное согласие по характеру диаграмм «момент–кривизна» и порядку величин подтверждает работоспособность предложенной методики.

Обсуждение

Анализ диаграмм «изгибающий момент–кривизна» показывает, что на начальном участке, до образования трещин, все четыре варианта диаграмм растяжения дают практически одинаковые значения жёсткости, поскольку работа бетона на растяжение до трещинообразования определяется преимущественно его начальным модулем упругости, который для всех вариантов принят одинаковым [3, 4, 9]. После образования трещин характер деформирования существенно различается только для нормативного варианта 1 (СП°360.1325800.2017). Из-за завышенной пиковой прочности на растяжение (4,5 МПа вместо 2,44 МПа по экспериментальным данным) он демонстрирует заметно более высокую остаточную жёсткость и, как следствие, завышенные значения момента трещинообразования (M_{crc} = 5,15 кН·м против 3,11–3,18 кН·м у вариантов 2–4) и предельного

момента (M_{ult} = 9,65 кН·м против 8,51–8,59 кН·м). При этом ширина раскрытия трещин у варианта 1, наоборот, занижена (a_{crc} = 0,0017 мм против 0,0018–0,0021 мм у вариантов 2–4), что является неконсервативным для расчёта по второй группе предельных состояний. Таким образом, нормативная диаграмма не может быть рекомендована для расчёта конструкций с анкерной фиброй без корректировки.

Варианты 2–4 построены на единой экспериментальной базе и аппроксимируют одну и ту же ниспадающую ветвь с разной степенью детализации. Их диаграммы «момент–кривизна» практически совпадают по форме, а интегральные параметры (M_{ult} и f) различаются незначительно – в пределах двух процентов (таблица 2). Это объясняется тем, что все три варианта описывают одинаковую физическую картину деформирования, и увеличение числа характерных точек лишь уточняет локальные характеристики, почти не влияя на интегральные. Наиболее чувствительными к типу аппроксимации оказались момент трещинообразования M_{crc} и ширина раскрытия трещин a_{crc}. Прогибы f и предельный момент M_{ult} менее чувствительны: их разброс не превышает 2%. Это связано с тем, что M_{crc} определяется начальным участком диаграммы и пиковой прочностью, а параметр a_{crc} – локальным напряжённо-деформированным состоянием в зоне трещины, которое сильнее зависит от формы ниспадающей ветви. Прогиб же получается интегрированием кривизны по длине элемента, и локальные погрешности аппроксимации в значительной степени сглаживаются [4, 8, 13].

При выборе оптимальной диаграммы использовались три критерия: минимальная погрешность по сравнению с экспериментом, достаточная простота для инженерного использования и возможность учёта основных факторов (тип фибры, класс бетона, процент армирования). С этих позиций:

Вариант 1 (СП°360.1325800.2017) отклонён, так как даёт завышенные значения M_{crc} и M_{ult} (на 62% и 12% соответственно относительно вариантов 2–4) и заниженную ширину раскрытия трещин, что недопустимо для расчёта трещиностойкости.

Вариант 2 (трёхлинейная диаграмма) отклонён, поскольку содержит лишь одну промежуточную точку на ниспадающей ветви (всего 4 точки), что недостаточно для достоверного описания нелинейного деформирования. Это приводит к завышению ширины раскрытия трещин (a_{crc} = 0,0021 мм) по сравнению с вариантом 3 (a_{crc} = 0,0018 мм).

Вариант 4 (восьмилинейная диаграмма) отклонён, несмотря на высокую точность, из-за необходимости задания девяти точек (8 линейных участков), что существенно усложняет расчёт и делает его неудобным для инженерной практики. При этом его результаты практически не отличаются от варианта 3: M_{ult} отличается на 0,9%, f – на 2,2%, a_{crc} совпадает с вариантом 2 (0,0021 мм).

Вариант 3 (шестилинейная диаграмма) принят как оптимальный. Он содержит семь точек (шесть линейных участков), что обеспечивает достаточную детализацию ниспадающей ветви, даёт наименьшую ширину раскрытия трещин (a_{crc} = 0,0018 мм) и практически совпадает с вариантом 4 по предельным моментам и прогибам (расхождение по M_{ult} – 0,9%, по f – 2,2%). Таким образом, вариант 3 обеспечивает наилучший компромисс между точностью и простотой реализации.

Полученные результаты качественно согласуются с классификацией HPFRC [11] и моделями fib Model Code [9], а также с экспериментальными данными [8, 10, 12, 13].

Заключение

На данном этапе исследования разработана и реализована в табличном процессоре Excel численная процедура расчёта на основе нелинейной деформационной модели для четырёх вариантов аппроксимации диаграммы растяжения фибробетона: нормативной трёхлинейной по СП°360.1325800.2017, уточнённой трёхлинейной, шестилинейной и восьмилинейной.

По результатам расчета выявлено, что варианты 2, 3 и 4 (трёхлинейная, шестилинейная и восьмилинейная диаграммы) дают практически совпадающие результаты по предельному моменту и прогибам. Расхождение между ними не превышает 2%. Наиболее чувствительными к типу аппроксимации оказались момент трещинообразования M_{crc} и ширина раскрытия трещин a_{crc}. Шестилинейная диаграмма является оптимальным компромиссом между точностью и простотой реализации (7 точек, 6 линейных участков) и рекомендуется для внедрения в инженерную практику.

Выполнена верификация модели путём сопоставления расчётных значений с результатами исследований Nawar M.T. и соавторов [12].

На следующем этапе работы планируется выполнение расчёта в программном комплексе ANSYS с учетом опытной диаграммы деформирования сталефибробетона, что позволит дополнительно верифицировать разработанную методику на основе конечно-элементного моделирования и сравнить результаты с данными, полученными в табличном процессоре Excel.

Литература

1. Евдокимова Т.С. Напряженно-деформированное состояние и расчёт прочности кососжимаемых фиброжелезобетонных элементов: дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 2017. – 150 с.
2. Карпенко, Н.И. Развитие диаграммного метода расчёта конструкций из сталефибробетона на основе методики построения диаграмм-изохрон / Н.И. Карпенко, Г.А. Моисеенко. Текст: непосредственный // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 6 (1066). – С. 20–23.
3. Карпенко Н.И., Моисеенко Г.А. Свойства высокопрочного сталефибробетона с минимальным эффективным содержанием фибры при нагружениях различной длительности // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2022. – Т. 18, № 6. – С. 503–514.
4. Лама, Р. Исследование характеристик сталефибробетона при растяжении // Молодой ученый. – 2025. – № 21 (572). – С. 85-90.
5. Морозов, В.И. Расчёт изгибаемых сталежелезобетонных элементов по нелинейной деформационной модели с использованием опытных диаграмм деформирования сталефибробетона / В.И. Морозов, Э.К. Опбул. – Текст: непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 5 (58). – С. 51–55.
6. Мухамедиев, Т.А., Соколов, Б.С. Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций // Строительные материалы. – 2017. – № 4. – С. 59-64.
7. Радайкин О.В., Шарафутдинов Л.А. Методика расчёта прочности, трещиностойкости и жесткости железобетонных балок, усиленных сталефибробетоном, на основе нелинейной деформационной модели // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 5. – С. 37–53.
8. Conforti A., Zerbino R., Plizzari G. Assessing the influence of fibers on the flexural behavior of reinforced concrete beams with different longitudinal reinforcement ratios // Structural Concrete. – 2021. – Vol. 22, No. 1. – P. 347–360.
9. di Prisco M., Colombo M., Dozio D. Fibre-reinforced concrete in fib model code 2010: principles, models and test validation // Structural Concrete. – 2013. – Vol. 14, No. 4. – P. 342–361.
10. Lim T.Y., Paramasivam P., Lee S.L. Bending behavior of steel-fiber concrete beams // ACI Structural Journal. – 1987. – Vol. 84, No. 6. – P. 524–536.
11. Naaman A.E.T., Reinhardt H.W. Proposed classification of HPFRC composites based on their tensile response // Materials and Structures. – 2006. – Vol. 39, No. 5. – P. 547–555.
12. Nawar M.T., Eisa A.S., Elshazli M.T., Ibrahim Y.E., El-Zohairy A. Numerical Analysis of Rubberized Steel Fiber Reinforced Concrete Beams Subjected to Static and Blast Loadings // Infrastructures. – 2024. – Vol. 9, No. 3. – P. 52.
13. Shi K., Gao Z. Experimental and numerical study on flexural behavior of steel fiber reinforced high-strength concrete (SFRHC) beams // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Article number 18338.

Comparative analysis of tension stress-strain diagram approximation options in the calculation of crack resistance for steel-fiber reinforced concrete flexural members

Golubeva A.M., Khegai T.S.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article considers a method for calculating the crack resistance of steel-fiber reinforced concrete flexural members – a composite material that combines a concrete matrix, bar reinforcement, and steel fibers. A calculation model implemented in the Excel spreadsheet software based on a non-linear deformation model with layered section discretization is proposed. For this model, a comparison of four options for approximating the tensile deformation diagram of fiber-reinforced concrete was performed: the standard three-linear diagram according to SP°360.1325800.2017, an updated three-linear diagram, a six-linear diagram, and an eight-linear diagram, all constructed on the basis of experimental data obtained in the laboratory of SPbGASU. The results are compared with the classical calculation using the ultimate strength method and with experimental data. It was found that options 2–4 yield close values for the ultimate moment and deflections, while the most sensitive parameters are the cracking moment and crack opening width. The six-linear diagram is recommended for engineering practice, as it provides an optimal combination of accuracy and simplicity of execution.

Keywords: steel-fiber reinforced concrete, composite material, crack resistance, non-linear deformation model, tensile diagram, bending elements, fiber reinforcement.

References

1. Evdokimova T.S. Stress-strain state and strength calculation of oblique-compressed fiber-reinforced concrete elements: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. – St. Petersburg, 2017. – 150 p.
2. Karpenko, N.I. Development of the diagram method for calculating steel fiber concrete structures based on the methodology of constructing isochrone diagrams / N.I. Karpenko, G.A. Moiseenko. Text: direct // BST: Bulletin of Construction Equipment. – 2023. – No. 6 (1066). – P. 20–23.
3. Karpenko N.I., Moiseenko G.A. Properties of high-strength steel fiber concrete with minimal effective fiber content under loads of different duration // Structural Mechanics of Engineering Structures and Buildings. – 2022. – Vol. 18, No. 6. – P. 503–514.
4. Lama, R. Study of the characteristics of steel fiber concrete under tension // Young Scientist. – 2025. – No. 21 (572). – P. 85–90.
5. Morozov, V.I. Calculation of flexural steel-reinforced concrete elements using a nonlinear deformation model with experimental deformation diagrams of steel fiber concrete / V.I. Morozov, E.K. Opbul. – Text: direct // Bulletin of Civil Engineers. – 2016. – No. 5 (58). – P. 51–55.

Испытание тонкослойного модуля новой конструкции для очистки сточных вод с высокой концентрацией взвешенных веществ

ЮЙ Шуайсянь
аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, yshuaixian@mail.ru

В данной статье представлены результаты очистки сточных вод с концентрацией взвешенных веществ от 2000 до 6000 мг/л с использованием новой конструкции тонкослойного модуля, обеспечивающей эффект эжектирования взвешенных частиц. Испытания проводились в деревне Иннолово Аннинского городского поселения Ломоносовского района Ленинградской области. В ходе испытания проводилось сравнение эффективности очистки сточных вод с помощью новой конструкции модуля, классической с гладкими пластинами и обычным отстаиванием без применения модуля. Оба варианта отстойника с модулем функционировали по противоточной схеме. По сравнению с другими вариантами использование нового модуля позволило повысить эффективность осаждения взвеси на 8–20 %. Результаты работы подтверждают эффективную работу модуля и могут быть использованы в инженерной практике при проектировании комплексных очистных сооружений.

Ключевые слова: тонкослойный модуль, взвешенные вещества, эжектирование.

Введение

Осаждение взвешенных веществ в производственных сточных водах носит актуальный характер поскольку влияет на эффективность удаления других загрязняющих веществ на последующих этапах очистки, определяя надежность функционирования всего комплекса очистных сооружений и экологическую безопасность окружающей среды. Содержание взвеси в производственном стоке может достигать концентраций от 2000 до 6000 мг/л [1], создавая значительную нагрузку на сооружения механической очистки. С целью интенсификации процесса осаждения долгое время эксплуатируются различные виды тонкослойных модулей, позволяющих снизить степень турбулизации потока воды и уменьшить глубину осаждения частиц. Отстойники с тонкослойным модулем являются предпочтительным вариантом поскольку характеризуются высоким эффектом очистки и компактностью конструкции сооружения [2]. Кроме этого, они могут быть объединены с другими сооружениями для создания комплексного очистного сооружения [3]. Однако поступление на очистку стока с высокой концентрацией взвеси может приводить к сбоям в работе классических вариантов модуля с плоскими или трубчатыми пластинами. Локальное накопление взвеси на пластинах модуля вызывает снижение пропускной способности и увеличение скорости движения сточных вод, снижая степень очистки [4]. Для решения данной проблемы и повышения эффективности осаждения в научной сфере востребованным направлением является оптимизация и совершенствование конструкций тонкослойных отстойников.

В работе [5] рассмотрена зависимость между количеством пластин в отстойнике и степенью осаждения частиц, проведено численное моделирование с использованием полноразмерной трехмерной модели, что позволило определить оптимальное количество пластин для увеличения эффективности осаждения. В работе [6] проведен ряд экспериментов и численных расчетов для изучения влияния параметров продольной структуры пластин и положения входного отверстия на эффективность осаждения. В работе сделан вывод о том, что структура тонкослойного модуля существенно влияет на эффективность осаждения частиц. В работе [7] углубленно рассматривается влияние различных углов наклона модуля на эффективность осаждения с использованием численного моделирования CFD, а также производится оценка осаждения частиц при различных режимах турбулентности потока. В работе [8] рассматривается эффективность работы отстойников с установкой *V*-образных пластин, обеспечивающих изменение направления движения потока. Кроме представленных работ существует множество других научных источников, освещающих преимущества и недостатки различных конструкций тонкослойных отстойников, что подтверждает актуальность данной темы для инженерной практики.

В данном исследовании автором предложена новая конструкция тонкослойного модуля (рис. 1), в которой проточная область между пластинами делится на два отдельных канала перфорированной стенкой. Один канал предназначен для движения сточных вод и обеспечения процесса осаждения взвеси как прежде, а другой, нижний канал, выполняет функцию удаления осадка. Канал осадка выполнен в виде замкнутого пространства и соединен в нижней части модуля с общей трубой выгрузки осадка, на которой располагается регулирующий клапан. С помощью перфорированной стенки между каналами осуществляется частичное перенаправление потока сточных вод в канал удаления осадка, что способствует увлечению взвешенных частиц и росту скорости их осаждения. Во время работы отстойника регулирующий клапан на трубе выгрузки осадка может варьировать увлекаемый расход сточных вод, оказывая влияние на скорость потока в канале осадка и воздействуя на частицы, побуждая их оседать и поступать в канал осадка для эффективного разделения.

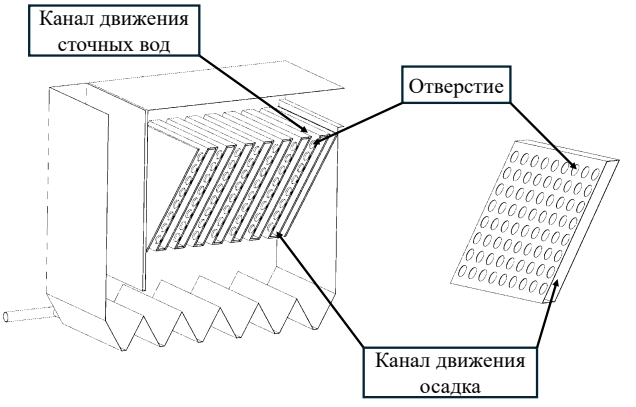


Рис. 1. Конструкция тонкослойного модуля

На сегодняшний день получены результаты математического моделирования и проведен лабораторный эксперимент по оценке эффективности представленной конструкции модуля. В работе [9] на основе анализа сил, действующих на взвешенные частицы, получены зависимости для определения скорости осаждения частиц и траектории их движения, которые теоретически показали возможность сокращения пути движения частицы до поверхности пластины и повышения эффективности очистки. Численное моделирование потока [10,11] показало эффект эжектирования частиц и увлечение их в отверстия перфорированной стенки. В сравнение с классической конструкцией модуля был отмечен рост степени осаждения взвешенных частиц на 31,53 %. Однако для получения достоверных практических данных, учесть наличие в воде дополнительных примесей, оказывающих воздействие на адгезионные свойства частиц, было принято решение провести экспериментальные испытания на полупроизводственной установке тонкослойного отстойника с очисткой стока близкого по составу к производственному.

Методы

Полупроизводственная модель тонкослойного отстойника была размещена в деревне Иннолово Аннинского городского поселения Ломоносовского района Ленинградской области. Конструкция сооружения показана на рис. 2. Емкость отстойника и тонкослойный модуль были выполнены из ориентированно-стружечной плиты, внутренняя поверхность которой дополнительно защищена гидроизоляционным покрытием. Габаритные размеры модуля составили: 1900×1000×1000 мм (длина×ширина×высота). Межпластинчатое расстояние принималось равным 50 мм [12]; ширина входного канала равнялась 250 мм, а выходного – 200 мм. В разделительной стенке предусматривалось 9 рядов отверстий диаметром 32 мм.

Для обеспечения эжектирования взвешенных частиц к каналу отведения осадка осуществлялось подключение трубопровода диаметром 25 мм, на котором был смонтирован насос. Регулирования скорости увлекаемого потока на трубопроводе выполнялось с помощью шарового крана. Учитывая разницу гидравлических сопротивлений в отдельных трубопроводах, локальная скорость увлечения может варьироваться в различных частях модуля, поэтому на практике регулирующая арматура может быть предусмотрена для каждой трубы отдельно.



Рис. 2. Фотографии полупроизводственной установки отстойника с тонкослойным модулем новой конструкции



Рис.3. Загрязненные подземные воды

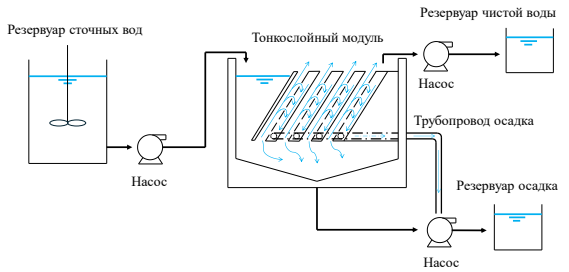


Рис. 4. Схема полупроизводственной установки отстойника

В процессе эксперимента проводилась оценка работы отстойника с тонкослойным модулем новой конструкции, модулем классической конструкции с гладкими пластинами и просто отстаивающей емкости сооружения без модуля.

Кроме емкости отстойника производственная установка включала накопительный резервуар с мешалкой, резервуар чистой воды и резервуар осадка. В приемном резервуаре с мешалкой обеспечивалось приготовление производственных сточных вод. Для приготовления сточных вод использовался загрязненный подземный сток, имеющий в своем составе органические загрязнения (рис. 3). Степень загрязнения сточных вод взвешенными веществами определялась на основании данных работы [13] для предприятий пищевой промышленности. Для получения высоких концентраций взвешенных веществ использовался кукурузный крахмал.

На рис. 4 представлена технологическая схема полупроизводственной установки. Из накопительного резервуара насосом сточная вода подавалась в распределительный канал отстойника, проходила процесс отстаивания и удалялась насосом в резервуар очищенной воды. Вода из канала осадка перекачивалась в резервуар осадка. Работа тонкослойных модулей осуществлялась по противоточной схеме.

Методика исследования основывалась на определении концентрации взвешенных веществ и органических загрязнений в исходной сточной воде до отстаивания и после очистки. Измерение мутности сточных вод проводилось с использованием портативного мутномера 2100Q IS. Для определения значений ХПК применялся колориметр Rocker LEI-5000. Концентрация взвешенных веществ фиксировалась в приемном резервуаре сточных вод и в резервуаре очищенной воды, что позволило вычислить количество взвешенных веществ, осевших в отстойнике.

В ходе эксперимента были смоделированы концентрации взвешенных веществ от 2000 до 6000 мг/л. Опыты были разделены на пять серий в зависимости от исходной концентрации. Параметры серий эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1
Параметры эксперимента

№ серия опытов	Концентрация входящих взвешных веществ, мг/л	ХПК, мг/л	Расход, л/с	Время измерения, мин.
1	2000	3163	3,8 ~ 19,0	30
2	3000	4087		
3	4000	5058		
4	5000	6086		
5	6000	6878		

Первоначально измерение концентрации проводилось без тонкослойного модуля, затем устанавливались классический и новый модули, после чего серия измерений повторялась. Наблюдение за работой отстойника происходило в течении 30 минут после наступления установившейся работы сооружения. В процессе очистки производилось непрерывное измерение концентрации взвеси и ХПК каждые 1,5 минуты.

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментов представлены на рис. 5-6. На графиках отражены зависимости эффекта очистки взвешенных веществ и ХПК от пропускной способности сооружения в течении времени эксперимента для различных конструкций отстойника.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при исходной концентрации взвешенных веществ от 2000 до 6000 мг/л использование тонкослойных модулей в отстойниках способствует существенному повышению эффективности очистки. Предложенный в данном исследовании новый тонкослойный модуль демонстрирует значительные преимущества по сравнению с классическим. По сравнению с отстойниками без тонкослойного модуля эффективность очистки повышалась на 20–31 %, а по сравнению с классическим тонкослойным модулем — на 8–20 %. Следует отметить, что новый тонкослойный модуль позволяет значительно повысить степень очистки во всем диапазоне исходных концентраций взвешенных веществ.

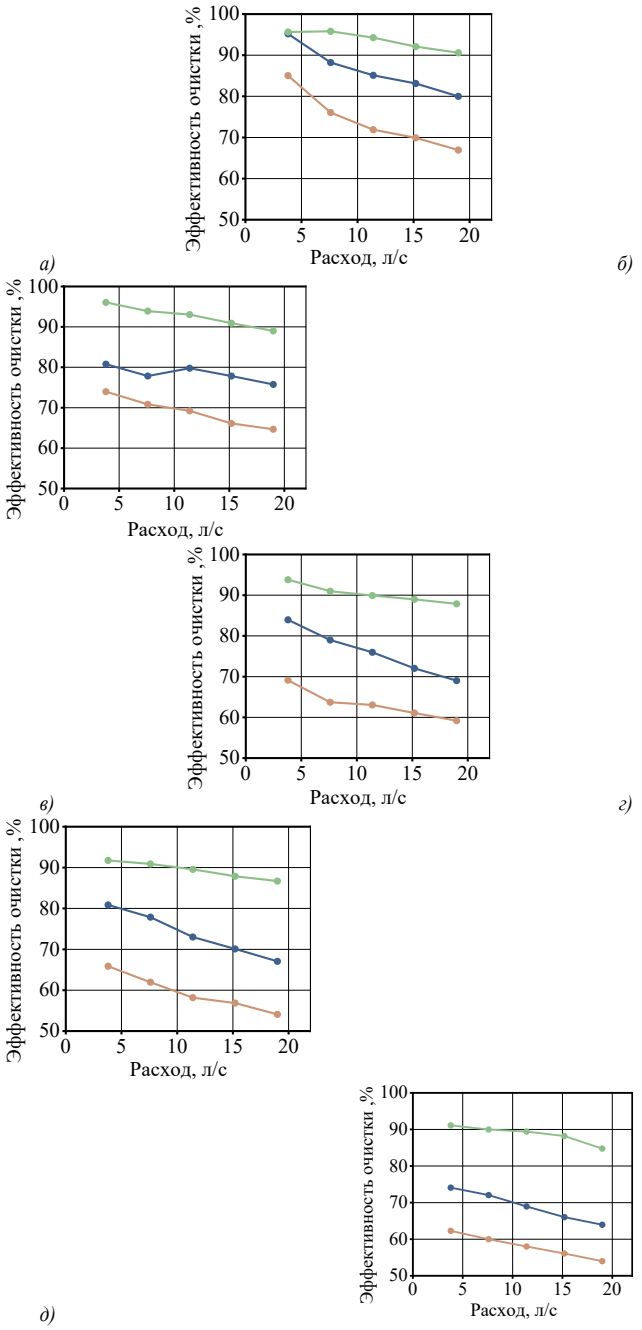


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки взвешенных веществ от расхода воды с исходной концентрацией взвешенных веществ:

а) 2000 мг/л; б) 3000 мг/л; в) 4000 мг/л; г) 5000 мг/л; д) 6000 мг/л.

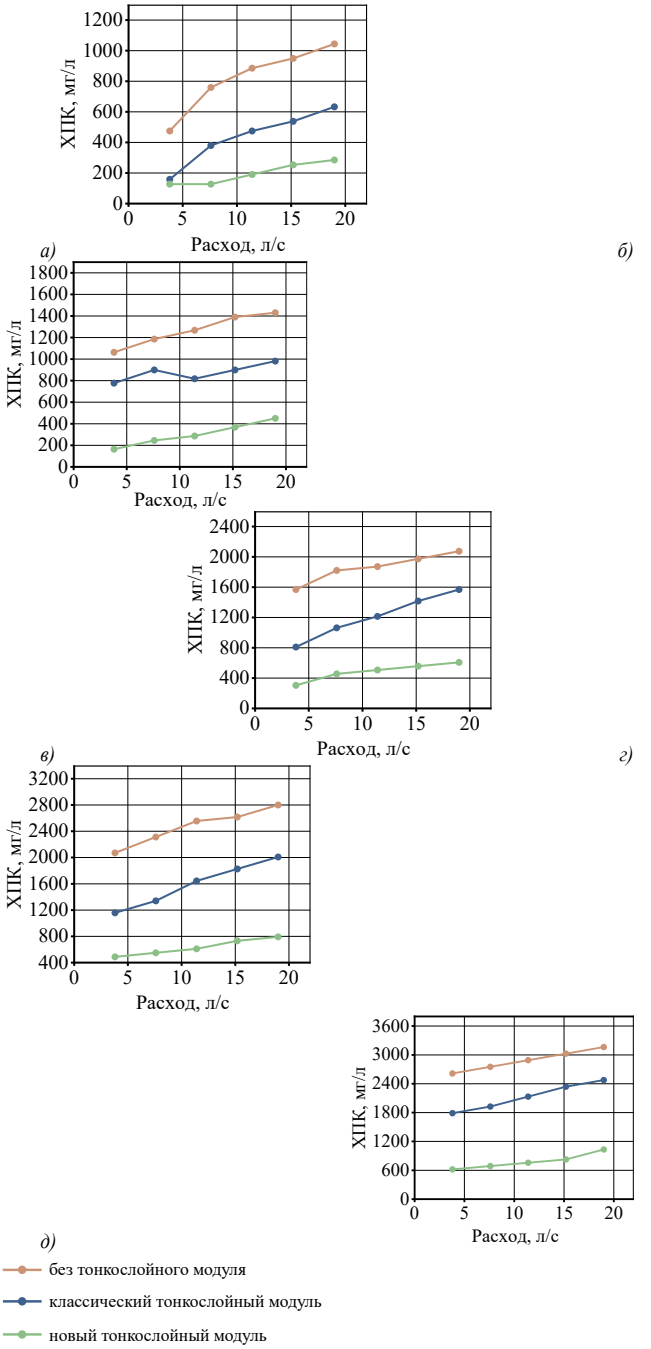


Рис. 6. Зависимость ХПК от расхода воды

а) ХПК=3163 мг/л; б) ХПК=4087 мг/л; в) ХПК=5058 мг/л; г) ХПК=6086 мг/л; д) ХПК=6878 мг/л.

Выводы

В данном исследовании проведено испытание новой конструкции тонкослойного модуля для оценки эффекта очистки сточных вод близких по составу к реальному стоку. По сравнению с классическим тонкослойным модулем новая конструкция показала увеличение эффекта очистки на 8–20 %. Во всем диапазоне расхода новая конструкция показала наиболее высокую степень очистки. Данный результат позволяет сделать заключение о возможности применения подобной технологии при разработке комплексных очистных сооружений и может быть рекомендована для дальнейшего внедрения на производстве. Представленные в статье результаты могут быть полезны для применения в практике проектирования тонкослойных отстойников по очистке производственных сточных вод с высокой концентрацией взвешенных веществ.

Литература

1. Rosenwinkel K. H. et al. Suspended solids from industrial and municipal origins //Ecotoxicology and environmental safety. – 2001. – Т. 50. – №. 2. – С. 135-142.
2. Acrivos A., Herbolzheimer E. Enhanced sedimentation in settling tanks with inclined walls //Journal of fluid mechanics. – 1979. – Т. 92. – №. 3. – С. 435-457.
3. Huang X., Lu K. Exploration and implementation of integrated wastewater treatment facilities in older campus laboratories //Experimental Technology & Management. – 2026. – Т. 43. – №. 6. – С. 280.

4. Zha Y. et al. Effect of Inclined-Tube on the Removal Performance of Fine Sediment in a Gravity Sedimentation Tank //Irrigation and Drainage. – 2026. – Т. 75. – №. 1. – С. 159-172.
5. Xing C. H., Yamamoto K., Fukushi K. Performance of an inclined-plate membrane bioreactor at zero excess sludge discharge //Journal of Membrane Science. – 2006. – Т. 275. – №. 1-2. – С. 175-186.
6. Hirom K., Devi T. T. Determining the optimum position and size of lamella packet in an industrial wastewater sedimentation tank: A computational fluid dynamics study //Water, Air, & Soil Pollution. – 2022. – Т. 233. – №. 7. – С. 261.
7. Fouad H., Elhefny R., Marei A. Evaluating the use of tube settlers and lamella plates in increasing the efficiency of sedimentation tanks //Journal of Applied Life Sciences International. – 2016. – Т. 7. – №. 4. – С. 1-8.
8. Wu X. et al. Effects of inclined plate structure on small granular sludge sedimentation in vertical sedimentation tanks without flocculants: a CFD-DPM simulation study //Powder Technology. – 2026. – С. 122928.
9. Юй Ш., Федоров С. В. Моделирование осаждения частиц в тонкослойном модуле // Вестник гражданских инженеров. – 2025. – № 4(111). – С. 108-116. – DOI: 10.23968/1999-5571-2025-22-4-108-116.
10. Юй Ш., Федоров С. В., Феофанов Ю. А., Черников Н. А. Оценка эффективности осаждения в тонкослойном модуле // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2025. – № 4(796). – С. 109-119. – DOI: 10.32683/0536-1052-2025-796-4-109-119.
11. Юй Ш. Влияние конструкции тонкослойного модуля на эффективность осаждения // Промышленное и гражданское строительство. 2026. № 1. С. 56-62. doi: 10.33622/0869-7019.2026.01.56-62
12. Stewart M., Arnold K. Produced water treatment field manual. – Gulf Professional Publishing, 2011.
13. Valta K. et al. Overview of water usage and wastewater management in the food and beverage industry // Desalination and Water Treatment. – 2015. – Vol. 53, № 12. – С. 3335–3347. – DOI: 10.1080/19443994.2014.934100.

Testing a new thin-layer module design for wastewater treatment with a high concentration of suspended solids

YU Shuaixian
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article presents the results of wastewater treatment with a suspended solids concentration ranging from 2,000 to 6,000 mg/L using a new thin-layer module design that provides an ejection effect on suspended particles. The tests were conducted in the village of Innolovo, Anninskoye urban settlement, Lomonosovsky District, Leningrad Region. During the testing, the efficiency of wastewater treatment was compared among the new module design, a classic module with smooth plates, and conventional settling without the use of a module. Both variants of the settling tank equipped with a module operated using a counter-flow scheme. Compared to the other methods, the use of the new module increased the sedimentation efficiency of suspended matter by 8–20%. The results of this study confirm the effective operation of the module and can be applied in engineering practice for the design of comprehensive wastewater treatment facilities.

Keywords: lamella module, suspended solids, ejection.

References

1. Rosenwinkel K. H. et al. Suspended solids from industrial and municipal origins // Ecotoxicology and environmental safety, 2001, T. 50, №. 2, pp. 135-142.
2. Acrivos A., Herbolzheimer E. Enhanced sedimentation in settling tanks with inclined walls // Journal of fluid mechanics, 1979, T. 92, №. 3, pp. 435-457.
3. Huang X., Lu K. Exploration and implementation of integrated wastewater treatment facilities in older campus laboratories // Experimental Technol-ogy & Management, 2026, T. 43, №. 6, pp. 280.
4. Zha Y. et al. Effect of Inclined-Tube on the Removal Performance of Fine Sediment in a Gravity Sedimentation Tank // Irrigation and Drainage, 2026, T. 75, №. 1, pp. 159-172.
5. Xing C. H., Yamamoto K., Fukushi K. Performance of an inclined-plate membrane bioreactor at zero excess sludge discharge // Journal of Membrane Science, 2006, T. 275, №. 1-2, pp. 175-186.
6. Hirom K., Devi T. T. Determining the optimum position and size of lamella packet in an industrial wastewater sedimentation tank: A computational fluid dy-namics study // Water, Air, & Soil Pollution, 2022, T. 233, №. 7, pp. 261.
7. Fouad H., Elhefny R., Marei A. Evaluating the use of tube settlers and la-mella plates in increasing the efficiency of sedimentation tanks // Journal of Applied Life Sciences International, 2016, T. 7, №. 4, pp. 1-8.
8. Wu X. et al. Effects of inclined plate structure on small granular sludge sedimentation in vertical sedimentation tanks without flocculants: a CFD-DPM simulation study // Powder Technology, 2026, pp. 122928.
9. Yu Sh., Fedorov S. V. Modeling of particle sedimentation in a thin-layer module // Bulletin of Civil Engineers, 2025, No. 4(111), pp. 108-116. (In Russ.) DOI: 10.23968/1999-5571-2025-22-4-108-116.
10. Yu S., Fedorov S. V., Feofanov Yu. A, Chernikov N. A. Evaluation of deposition efficiency in a thin-layer module // News of Higher Educational Institutions. Construction, 2025, No. 4(796), pp. 109-119. (In Russ.) DOI: 10.32683/0536-1052-2025-796-4-109-119.
11. Yu Sh. The Effect of the Thin-Layer Module Design on Deposition Efficiency. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering], 2026, no. 1, pp. 56-62. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2026.01.56-62
12. Stewart M., Arnold K. Produced water treatment field manual // Gulf Professional Publishing, 2011.
13. Valta K. et al. Overview of water usage and wastewater management in the food and beverage industry // Desalination and Water Treatment, 2015, Vol. 53, № 12, pp. 3335–3347. DOI: 10.1080/19443994.2014.934100.

Разработка концепции построения информационной системы предприятия по разработке серверов

Анжина Валерия Александровна
магистр, Институт Информационных систем и инженерно-компьютерных технологий, Российский новый университет, ava7788@mail.ru

Предприятие по разработке серверов выпускает конфигурируемые платформы, состав которых часто меняется, и каждое извещение об изменении должно дойти от системы управления жизненным циклом изделия до закупок, производства, испытаний, выпуска микропрограмм и сервиса; от способа такой доставки зависит архитектура его информационной системы. В статье разработана концепция построения информационной системы такого предприятия и в модели рассчитано, как вариант интеграционной архитектуры влияет на затраты, качество данных и скорость распространения изменений. Концепция включает PLM-систему как мастер-источник данных об изделии и пять систем-потребителей. Методом имитационного моделирования Монте-Карло на 1000 модельных лет и аналитическим расчётом математических ожиданий сравнены ручной обмен, интеграция «точка-точка» и интеграционная шина с единой моделью данных; все 19 входов модели являются допущениями сценария в ценах 2026 г. При 600 извещениях в год наименьшие ожидаемые затраты модельному предприятию расчётно даёт интеграция «точка-точка», тогда как шина при более высоких постоянных затратах почти втрое сокращает число невыявленных несоответствий данных и более чем на порядок ускоряет распространение извещения. Интерфейсы «точка-точка» становятся дешевле ручного обмена при 399 извещениях в год, шина дешевле ручного обмена при 482, а дешевле интерфейсов – при 1156 извещениях в год; положение последнего порога сильнее всего зависит от затрат на сопровождение одного интерфейса и числа интерфейсов. В предложенной концепции тип интеграционного контура рассматривается как функция потока инженерных изменений и числа связей между подсистемами, а не как заранее заданный выбор платформы.

Ключевые слова: информационная система предприятия, разработка серверов, управление жизненным циклом изделия, инженерные изменения, интеграционная шина, мастер-данные, имитационное моделирование.

Введение

Предприятие по разработке серверов выпускает конфигурируемые вычислительные платформы, состав которых меняется чаще, чем у большинства изделий машиностроения. Смена поколения процессоров, модулей памяти, накопителей и версий микропрограмм базовой системы ввода-вывода и контроллера управления платой порождает непрерывный поток извещений об изменении. Каждое извещение должно дойти до закупок и планирования, до сборочного производства, до испытательного участка, до службы выпуска микропрограмм и до сервиса. Если хотя бы одна из этих систем получает изменение с ошибкой или с опозданием, на сборку поступает спецификация, расходящаяся с конструкторской, а сервис ремонтирует сервер по неактуальной конфигурации. Для российской радиоэлектронной промышленности цифровизация проектных и производственных процессов рассматривается как самостоятельное направление развития [1], а переход на отечественное программное обеспечение [2], в том числе на отечественные системы управления жизненным циклом изделия [3], вынуждает предприятия заново выбирать не только программные продукты, но и способ их соединения.

Для предприятия по разработке серверов минимальное ядро информационной системы образует пара из системы управления жизненным циклом изделия (PLM) и системы планирования ресурсов (ERP), и построение автоматизированной системы управления на такой паре уже описано применительно к промышленному предприятию [4]. Инженерные изменения остаются самым трудоёмким потоком данных между ними: в работе, выполненной на материале автомобильного поставщика первого уровня, отмечено, что они способны занимать до половины инженерной ёмкости, а интеграция PLM, ERP и системы управления производством (MES) снижает координационные затраты и улучшает прослеживаемость [5]. Управление инженерными изменениями описывается как отдельный контур системы управления промышленным предприятием [6], модули управления изменениями PLM-платформ связываются с сокращением сроков разработки [7], а ключевым объектом управления в PLM-среде становится цифровой жизненный цикл изделия с его конфигурациями и изменениями [8].

Качество данных об изделии зависит от того, сколько раз и каким способом они переписываются между системами. Управление мастер-данными предлагается внедрять итеративно, начиная с функциональной модели MDM-решения [9]; ошибки мастер-данных изделия измеримо удлиняют зависимые логистические процессы [10]; ручной повторный ввод данных из отчётов учётных систем остаётся медленным, дорогим и подверженным ошибкам [11]. Автоматизация обмена при этом не бесплатна: интеграция PLM со сторонней системой требует настройки и сопровождения правил обмена, на что расходуется труд аналитиков и операторов [12]. Для объединения разрозненных программных комплексов производства предлагается сервис-ориентированная архитектура [13], управление ресурсами предприятия реализуется интеллектуальной системой на основе прогнозных моделей машинного обучения [14], а сервисное обслуживание радиоэлектронной аппаратуры с большим разнообразием конфигураций опирается на собственную автоматизированную систему [15].

Перечисленные работы обосновывают полезность интеграции качественно, но не дают правила, по которому предприятие с заданным потоком изменений выбирает между ручным обменом, набором двусторонних интерфейсов «точка-точка» и интеграционной шиной с единой моделью данных об изделии. Между тем этот выбор и определяет архитектуру информационной системы, поскольку набор прикладных систем у предприятий по разработке серверов сходен, а различаются способ доведения изменения от мастер-источника до потребителей и цена его сопровождения. Цель статьи – разработать концепцию построения информационной системы предприятия по разработке серверов и в модели определить, как вариант интеграционной архитектуры влияет на годовые затраты на доведение инженерных изменений, на число невыявленных несоответствий данных и на время распространения извещения, а также найти интенсивность изменений, при которой вариант с интеграционной шиной становится расчётно менее затратным.

Материалы и методы исследования

Для сравнения способов доведения инженерных изменений до прикладных систем построена сценарная имитационная модель модельного предприятия по разработке серверов. Метод исследования – имитационное моделирование методом Монте-Карло, дополненное аналитическим расчётом математических ожиданий; единица моделирования – модельный год работы информационной системы модельного предприятия по разработке серверов, в течение которого через систему проходит поток извещений об изменении изделия.

Концепция задаёт состав информационной системы из шести подсистем. Мастер-источником данных об изделии служит PLM-система, в которой ведутся состав изделия, конфигурации серверных платформ, допустимые замены компонентов, версии микропрограмм и извещения об изменении. Потребителями этих данных являются ERP-система (закупки и планирование), MES (сборка, про-

шивка и прослеживаемость серийных номеров), система управления испытаниями (программы функциональных и нагрузочных испытаний), система управления версиями микропрограмм и сервисная система (ремонт и учёт конфигураций, поставленных заказчику). В модели сравниваются три взаимоисключающих способа связи потребителей с мастер-источником. При ручном обмене извещение переносится в каждую затронутую систему сотрудником. При интеграции «точка-точка» данные передаются по двусторонним интерфейсам с суточным пакетным обменом; число интерфейсов равно числу информационных потоков между шестью подсистемами. При интеграционной шине PLM-система передаёт извещение в шину, а та доставляет его подписчикам через шесть адаптеров по единой канонической модели данных об изделии.

Извещения образуют пуассоновский поток с интенсивностью λ. Каждая из пяти систем-потребителей затрагивается извещением независимо с вероятностью q, число изменённых позиций состава изделия распределено по закону Пуассона со средним r. Доставка извещения в систему считается ошибочной, если неверно передана хотя бы одна позиция; вероятность ошибки позиции зависит от способа передачи. Автоматизированная передача с вероятностью f завершается техническим сбоем и выполняется вручную, причём в варианте «точка-точка» сбой независим по доставкам, а в варианте шины он затрагивает все доставки одного извещения. Ошибочная доставка выявляется до выпуска изделия с вероятностью p, иначе она порождает потери с на переделку, повторную прошивку или задержку отгрузки. Годовые затраты варианта складываются из постоянных затрат на сопровождение интеграции, стоимости трудоёмкости передачи и контроля и потерь от невыявленных несоответствий; постоянные затраты целиком отнесены к процессу доведения изменений. Время распространения извещения равно наибольшей задержке доставки среди затронутых систем. При ручном переносе и при шине задержка распределена экспоненциально, при пакетном обмене она распределена равномерно на периоде обмена.

Математические ожидания затрат и числа невыявленных несоответствий вычислены в замкнутом виде с использованием равенства E[(1 − e)^R] = exp(−r·e) для пуассоновского числа позиций R. Среднее и 95-й процентиль времени распространения получены по функции распределения наибольшей задержки при биномиальном числе затронутых систем; среднее найдено интегрированием методом Симпсона, процентиль найден делением отрезка пополам. Поскольку ожидаемые затраты линейны по интенсивности изменений, пороговая интенсивность, выше которой вариант с большими постоянными затратами становится дешевле, определяется выражением

$$\lambda^* = (F_1 - F_2) / (v_2 - v_1) \quad (1)$$

где F_1 и F_2 – постоянные годовые затраты сравниваемых вариантов, млн руб./год, причём F_1 относится к варианту с большей автоматизацией; v_1 и v_2 – ожидаемые переменные затраты этих вариантов на одно извещение, млн руб. При $F_1 \le F_2$ порог равен нулю, и более автоматизированный вариант дешевле при любой интенсивности.

Все 19 входов модели являются авторскими допущениями сценария в ценах 2026 г. (табл. 1). Диапазоны вероятностей ошибки позиции не пересекаются, поэтому в любой допустимой комбинации ручной перенос ошибается чаще интерфейса «точка-точка», а интерфейс – чаще передачи по канонической модели. Этот порядок, как и одинаковая удельная трудоёмкость двух автоматизированных вариантов, задан спецификацией и выходом модели не является. Пять систем-потребителей и шесть адаптеров шины следуют из состава концепции и не варьируются.

Таблица 1
Входные параметры сценарной модели, принятые по построению сценария, и диапазоны анализа чувствительности

Параметр	Базовое значение	Нижняя и верхняя граница
интенсивность инженерных изменений	600 извещений/год	300 и 1200
доля систем-потребителей, затрагиваемых одним извещением	0,6	0,4 и 0,8
среднее число изменённых позиций состава изделия в извещении	12 позиций	6 и 24
вероятность ошибки ручного переноса одной позиции	0,005	0,003 и 0,01
вероятность ошибки преобразования позиции в интерфейсе «точка-точка»	0,001	0,0006 и 0,002
вероятность ошибки преобразования позиции при единой модели данных	0,0003	0,0001 и 0,0005
вероятность технического сбоя автоматизированной передачи	0,02	0,005 и 0,05
вероятность выявления несоответствия до выпуска изделия	0,7	0,5 и 0,9
потери на одно невыявленное несоответствие	0,4 млн руб.	0,15 и 1,0
стоимость часа работы инженера с учётом страховых взносов	1,5 тыс. руб./ч	1,0 и 2,4
трудоёмкость ручного переноса извещения в одну систему	2 ч	1 и 4
трудоёмкость контроля автоматизированной передачи	0,25 ч	0,1 и 0,5
среднее время ручного переноса с ожиданием в очереди	16 ч	8 и 40
период пакетного обмена в интерфейсах «точка-точка»	24 ч	12 и 48
среднее время доставки через интеграционную шину	0,25 ч	0,05 и 1,0
число интерфейсов «точка-точка»	12 интерфейсов	9 и 15
затраты на сопровождение одного интерфейса «точка-точка»	0,8 млн руб./год	0,4 и 1,6
годовые затраты на платформу шины и сервис мастер-данных	10 млн руб./год	6 и 16
затраты на сопровождение одного адаптера шины	0,5 млн руб./год	0,25 и 1,0

Источник: допущения сценария модели (входной файл модельного пакета)

Расчёт выполнен программой на Python 3.13 без внешних библиотек. Генератор псевдослучайных чисел random.Random с фиксированным начальным значением (seed) 20261011 воспроизводит 1000 модельных лет на общих случайных числах для трёх вариантов; по распределению годовых затрат определены 5-й и 95-й процентили, образующие модельный интервал при фиксированных параметрах. Чувствительность оценена раздельной подстановкой нижней и верхней границы каждого из 19 параметров. Модель верифицирована тремя граничными расчётами. При отключённом выявлении несоответствий имитационное среднее числа ошибочных доставок каждого варианта сравнивалось с замкнутым выражением при допуске около четырёх стандартных ошибок среднего. Затраты округлены до 0,1 млн руб., число несоответствий – до 0,1 ед., время – до 0,1 ч (для шины до 0,01 ч), пороги – до одного извещения.

Результаты и обсуждение

Расчётные затраты, число несоответствий и время распространения извещения при базовых значениях входных параметров приведены в табл. 2.

Таблица 2
Расчётные затраты, несоответствия данных и время распространения извещения по вариантам интеграционной архитектуры

Показатель	Значение	Единица
ожидаемые годовые затраты при ручном обмене	18,0	млн руб./год
ожидаемые годовые затраты при интеграции «точка-точка»	13,2	млн руб./год
ожидаемые годовые затраты при интеграционной шине	14,8	млн руб./год
постоянные годовые затраты на сопровождение интерфейсов «точка-точка»	9,6	млн руб./год
постоянные годовые затраты на платформу шины и адаптеры	13,0	млн руб./год
5-й процентиль годовых затрат при ручном обмене	14,3	млн руб./год
95-й процентиль годовых затрат при ручном обмене	22,0	млн руб./год
5-й процентиль годовых затрат при интеграции «точка-точка»	11,5	млн руб./год
95-й процентиль годовых затрат при интеграции «точка-точка»	14,8	млн руб./год
5-й процентиль годовых затрат при интеграционной шине	13,8	млн руб./год
95-й процентиль годовых затрат при интеграционной шине	15,8	млн руб./год
ожидаемое число невыявленных несоответствий при ручном обмене	31,4	ед./год
ожидаемое число невыявленных несоответствий при интеграции «точка-точка»	6,9	ед./год
ожидаемое число невыявленных несоответствий при интеграционной шине	2,5	ед./год

среднее время распространения извещения при ручном обмене	28,7	ч
среднее время распространения извещения при интеграции «точка-точка»	17,8	ч
среднее время распространения извещения при интеграционной шине	1,01	ч
95-й процентиль времени распространения при ручном обмене	65,4	ч
95-й процентиль времени распространения при интеграции «точка-точка»	23,7	ч
95-й процентиль времени распространения при интеграционной шине	1,14	ч

Источник: авторский расчёт по сценарной модели при базовых входных параметрах; процентили рассчитаны по 1000 модельным годам

При интенсивности 600 извещений в год наименьшие ожидаемые затраты даёт интеграция «точка-точка». Разность ожидаемых затрат шины и интеграции «точка-точка» составляет 1,64 млн руб./год в пользу интерфейсов и возникает из превышения постоянных затрат шины над затратами на сопровождение двенадцати интерфейсов, которое при таком потоке изменений не покрывается меньшими потерями от несоответствий (табл. 2). У ручного обмена постоянных затрат нет, но трудоёмкость переноса и потери от несоответствий в нём растут пропорционально числу извещений, и уже при базовом потоке этот вариант оказывается самым дорогим.

В модели интервалы годовых затрат в табл. 2 отражают случайность потока извещений и ошибок при фиксированных параметрах. Самый широкий интервал имеет ручной обмен, так как большую часть его затрат образуют потери от невыявленных несоответствий, число которых от года к году колеблется сильнее, чем трудоёмкость переноса. Интервалы двух автоматизированных вариантов перекрываются, и разность их ожидаемых затрат меньше ширины годового интервала каждого из них.

Число невыявленных несоответствий различает варианты резче, чем затраты. При шине оно почти втрое меньше, чем при интерфейсах «точка-точка», и более чем в десять раз меньше, чем при ручном обмене (табл. 2). Порядок вариантов по этому показателю задан соотношением вероятностей ошибки позиции и найденным эффектом не является; расчёт добавляет к нему масштаб различия. Именно эти несоответствия доходят до сборки, испытаний или заказчика, поэтому в концепции каноническая модель данных об изделии выступает механизмом снижения их числа, а не только средством ускорения обмена.

В модели время распространения извещения разделяет варианты по иному признаку. Шина доводит извещение до всех затронутых систем в среднем примерно за час, интерфейсы «точка-точка» укладываются в сутки, ручной обмен в среднем их превышает, а его 95-й процентиль составляет более двух с половиной суток (табл. 2). Время у интерфейсов задаётся периодом пакетного обмена, и при сокращении периода до 12 ч оно уменьшается, оставаясь многократно выше, чем у шины (табл. 3); это соотношение задержек следует из спецификации модели. Хвост распределения у ручного обмена длиннее, чем у пакетного, так как экспоненциальная задержка ручного переноса не ограничена сверху.

Пороговые интенсивности делят ось потока изменений на три области. Пороговая интенсивность изменений для интеграции «точка-точка» относительно ручного обмена составляет 399 извещений в год, пороговая интенсивность изменений для шины относительно ручного обмена равна 482, а пороговая интенсивность изменений для шины относительно интеграции «точка-точка» достигает 1156 извещений в год. Модельное предприятие с 600 извещениями в год находится в средней области, где минимальные ожидаемые затраты даёт интеграция «точка-точка», и до порога шины ему недостаёт почти двукратного роста потока изменений. Разность ожидаемых затрат шины и интеграции «точка-точка» при варьировании параметра «интенсивность инженерных изменений» от 300 до 1200 извещений в год составляет 2,52 – −0,13 млн руб./год, и на верхней границе диапазона шина уже дешевле.

Положение порога шины относительно интерфейсов зависит от входов, которые задают постоянные затраты и ожидаемые потери (табл. 3).

Таблица 3

Анализ чувствительности расчётного порога шины и времени доставки к входам, принятым по построению сценария

Выход при варьировании входа	Значения выхода на нижней и верхней границе входа
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «затраты на сопровождение одного интерфейса «точка-точка»»	2789 – 0
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «годовые затраты на платформу шины и сервис мастер-данных»	0 – 3197
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «число интерфейсов «точка-точка»»	1972 – 340
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «вероятность выявления несоответствия до выпуска изделия»	694 – 3469
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «потери на одно невыявленное несоответствие»	3083 – 463
пороговая интенсивность для шины относительно «точка-точка» при варьировании параметра «вероятность ошибки преобразования позиции в интерфейсе «точка-точка»»	2691 – 479
среднее время распространения при интеграции «точка-точка» при варьировании параметра «период пакетного обмена в интерфейсах «точка-точка»»	9,3 – 35,0

Источник: расчёт по сценарной модели раздельной подстановкой границ входов из табл. 1

Наибольший размах порога дают входы, задающие постоянные затраты. В модели на верхней границе затрат на сопровождение одного интерфейса и на нижней границе стоимости платформы шины порог обращается в нуль, то есть шина дешевле при любой интенсивности, а рост числа интерфейсов от 9 до 15 снижает порог более чем в пять раз (табл. 3). Число интерфейсов «точка-точка» растёт с подключением каждой новой подсистемы, тогда как шине для неё нужен один адаптер, и расширение состава информационной системы само по себе смещает модельное предприятие к области, где шина дешевле.

В модели вторая группа входов действует на порог через ожидаемые потери от несоответствий. Вероятность перехвата несоответствия входным контролем, потери на одно несоответствие, дошедшее до сборки или заказчика, и вероятность ошибки преобразования в интерфейсе сдвигают расчётный порог вверх и вниз от базового значения почти до трёх раз (табл. 3). При принятых параметрах трудоёмкость передачи и стоимость часа инженера на этот порог не действуют по построению, так как удельная трудоёмкость двух автоматизированных вариантов задана одинаковой, и выигрыш шины по затратам складывается только из предотвращённых потерь. В модели при высокой вероятности перехвата ошибок входным контролем экономическое основание для шины ослабевает, и в её пользу остаётся главным образом время доставки.

Проверка реализации подтвердила согласованность имитационной и аналитической частей модели. При отключённом выявлении несоответствий имитационное среднее числа ошибочных доставок составило 104,73 ед./год для ручного обмена, 22,91 для интерфейсов с независимыми сбоями и 8,32 для шины с общим сбоем. Все три значения лежат в пределах заданного допуска от замкнутых выражений, следовательно, переход доставок в ручной режим при сбоях и общий для извещения сбой шины воспроизведены в имитации так же, как в аналитическом расчёте.

Расчётные зависимости определяют три элемента предложенной концепции. Первый элемент составляет PLM-система как единственный мастер-источник данных об изделии, от которого изменения доставляются потребителям, а не пересылаются между ними. Второй элемент образует каноническая модель данных об изделии, с которой в модели связано меньшее число несоответствий, 2,5 против 6,9 ед./год. Третий элемент задаёт выбор типа интеграционного контура по интенсивности изменений и числу связей. В модели ручной обмен остаётся наименее затратным ниже нижнего порога, интерфейсы «точка-точка» – между нижним и верхним порогами, шина – выше верхнего порога, причём верхний порог снижается с ростом числа интерфейсов и затрат на их сопровождение.

Заключение

Предложенная концепция информационной системы предприятия по разработке серверов отводит PLM-системе роль единственного мастер-источника данных об изделии для ERP, MES, системы управления испытаниями, системы управления версиями микропрограмм и сервисной системы, а тип интеграционного контура связывает с потоком инженерных изменений и числом связей между подсистемами.

В модельном расчёте для потока 600 извещений в год интеграция «точка-точка» требует 13,2 млн руб./год и оказывается самым экономичным вариантом. Интеграционная шина обходится в 14,8 млн руб./год, но сокращает число невыявленных несоответствий до 2,5 ед./год и среднее время распространения извещения до 1,01 ч. Рассчитанные пороги делят поток изменений на три области. Ниже 399 извещений в год наименее за-

тратен ручной обмен, до 1156 извещений в год наименее затратны интерфейсы «точка-точка», при большем потоке наименее затратна шина. В модели положение верхнего порога определяется прежде всего затратами на сопровождение одного интерфейса и числом интерфейсов, а также вероятностью перехвата несоответствий входным контролем и потерями от несоответствия, дошедшего до сборки или заказчика.

Литература

1. Левина Е.В. Цифровая составляющая развития радиоэлектронной промышленности России // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2025. № 1. С. 189-196. DOI: 10.33983/2075-1826-2025-1-189-196
2. Блохин А.А., Вертоградов В.А. «Взрывное» импортозамещение на российском рынке программного обеспечения // Проблемы прогнозирования. 2026. № 1 (214). С. 56-69. DOI: 10.47711/0868-6351-214-56-69
3. Дылдин Д.Д., Телушкин Н.С. Подходы к импортозамещению в области программного обеспечения по управлению жизненным циклом продукта // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 5. № 8 (146). С. 157-164. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.08.020
4. Егоров Р.С. Автоматизированная система управления предприятием на базе ERP и PLM систем // Региональные проблемы преобразования экономики. 2023. № 4. С. 179-186. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-4-179-186
5. Gollmann T., Gangl R., Gruchmann T. From engineering change to enterprise change management: leveraging the potentials of IT integration in change management processes // Business Process Management Journal. 2026. Pp. 1-20. DOI: 10.1108/bpmj-10-2025-1779
6. Ирзаев Г.Х. Модель процессов управления инженерными изменениями в изделиях на промышленном предприятии // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2022. № 1 (15). С. 56-63. DOI: 10.30987/2658-6436-2022-1-56-63
7. Курбатова А.В., Колесникова Д.А. Управление изменениями в PLM-системах: методы оптимизации сроков разработки проектных решений в автомобильной промышленности // Транспорт: наука, техника, управление. 2026. № 5. С. 42-46. DOI: 10.36535/0236-1914-2026-05-7
8. Конина Н.Ю., Двойников А.А. PLM-среда и управление цифровыми инновациями в авиастроительном холдинге // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2026. № 3. С. 81-93. DOI: 10.37493/2307-907x.2026.3.9
9. Кузнецов С.В., Кознов Д.В. Управление мастер-данными в рамках итеративного подхода // Онтология проектирования. 2021. Т. 11. № 2. С. 170-184. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-170-184
10. Božić D., Živičnjak M., Stanković R., Ignjatić A. Impact of the Product Master Data Quality on the Logistics Process Performance // Logistics. 2024. Vol. 8. No. 2. Art. 43. DOI: 10.3390/logistics8020043
11. Lertyosbordin C., Trangadisaikul B. Open-Weight Multimodal LLMs Versus Manual Data Entry for Legacy ERP Digitization: A Comparative Evaluation of Accuracy, Cost, and Verifiability // Technologies. 2026. Vol. 14. No. 9. Art. 522. DOI: 10.3390/technologies14090522
12. Камалетдинова Л.Р., Романов А.А., Филиппов А.А., Ярушкина Н.Г. Формирование базы правил для PLM систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 3 (35). С. 120-132. DOI: 10.25729/esi.2024.35.3.011
13. Поспелов К.Н., Аблавацкая Д.А., Ракова В.В., Гинцяк А.М. Сервис-ориентированная архитектура в проектировании цифровой экосистемы организации // Вычислительные технологии. 2026. Т. 31. № 1. С. 121-135. DOI: 10.25743/ict.2026.31.1.010
14. Сененков Д.В., Карпейкин А.Э., Пономаренко А.О., Комаров И.В., Мишакова К.К. Программная реализация интеллектуальной системы управления ресурсами робототехнического предприятия на основе прогнозных моделей машинного обучения // Вопросы природопользования. 2026. Т. 5. № 3. С. 55-66.
15. Капулин Д.В., Воронков М.С., Русских П.А., Дрозд О.В., Соболева Е.В. Автоматизированная система сервисного обслуживания радиоэлектронной аппаратуры в условиях мелкосерийного производства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2025. Т. 25. № 4. С. 5-16. DOI: 10.14529/ctcr250401

Development of a concept for building the information system of a server development enterprise

Anzhina V.A.
Russian New University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

A server development enterprise produces configurable platforms whose composition changes often, and every change notice has to travel from the product lifecycle management system to procurement, production, testing, firmware release and service. Since this delivery shapes the enterprise information system, the paper develops a concept for building such a system and estimates, as a model output, how the integration architecture affects cost, data quality and propagation speed. In the concept, a PLM system serves as the master source of product data for five consumer systems. Manual exchange, point-to-point integration and an integration bus with a single product data model are compared through Monte Carlo simulation over 1000 model years together with closed-form expectations; all 19 model inputs are scenario assumptions in 2026 prices. At 600 change notices a year, point-to-point integration gives the model enterprise the lowest expected cost, whereas the bus, despite higher fixed costs, cuts escaped data inconsistencies almost threefold and speeds up notice propagation by more than an order of magnitude. Point-to-point interfaces become cheaper than manual exchange at 399 notices a year, the bus becomes cheaper than manual exchange at 482, and it overtakes point-to-point integration at 1156 notices a year. The position of this last threshold depends above all on the maintenance cost of a single interface and on the number of interfaces. The concept thus treats the integration layer type as a function of the engineering change flow and the number of links between subsystems, not as a platform decision fixed in advance.

Keywords: enterprise information system, server development, product lifecycle management, engineering changes, integration bus, master data, simulation modelling.

References

1. Levina E.V. The digital component of the development of the radio-electronic industry of Russia // Management and Business Administration. 2025. No. 1. Pp. 189-196. DOI: 10.33983/2075-1826-2025-1-189-196
2. Blokhin A.A., Vertogradov V.A. "Explosive" import substitution in the Russian software market // Problems of Forecasting. 2026. No. 1 (214). Pp. 56-69. DOI: 10.47711/0868-6351-214-56-69
3. Dyldin D.D., Telushkin N.S. Approaches to import substitution in the field of product lifecycle management software // Economics and Management: Problems, Solutions. 2024. Vol. 5. No. 8 (146). Pp. 157-164. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.08.020
4. Egorov R.S. Automated enterprise management system based on ERP and PLM systems // Regional Problems of Transforming the Economy. 2023. No. 4. Pp. 179-186. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-4-179-186
5. Gollmann T., Gangl R., Gruchmann T. From engineering change to enterprise change management: leveraging the potentials of IT integration in change management processes // Business Process Management Journal. 2026. Pp. 1-20. DOI: 10.1108/bpmj-10-2025-1779
6. Irzaev G. Model of managing processes of engineering changes in products at an industrial enterprise // Automation and Modeling in Design and Management. 2022. No. 1 (15). Pp. 56-63. DOI: 10.30987/2658-6436-2022-1-56-63
7. Kurbatova A.V., Kolesnikova D.A. Change management in PLM systems: methods for optimizing the development time of design solutions in the automotive industry // Transport: Science, Equipment, Management. 2026. No. 5. Pp. 42-46. DOI: 10.36535/0236-1914-2026-05-7
8. Konina N.Y., Dvoynikov A.A. PLM environment and digital innovation management in an aircraft manufacturing holding // Newsletter of North-Caucasus Federal University. 2026. No. 3. Pp. 81-93. DOI: 10.37493/2307-907x.2026.3.9
9. Kuznetsov S.V., Koznov D.V. Master data management in an iterative approach // Ontology of Designing. 2021. Vol. 11. No. 2. Pp. 170-184. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-170-184
10. Božić D., Živičnjak M., Stanković R., Ignjatić A. Impact of the Product Master Data Quality on the Logistics Process Performance // Logistics. 2024. Vol. 8. No. 2. Art. 43. DOI: 10.3390/logistics8020043
11. Lertyosbordin C., Trangadisaikul B. Open-Weight Multimodal LLMs Versus Manual Data Entry for Legacy ERP Digitization: A Comparative Evaluation of Accuracy, Cost, and Verifiability // Technologies. 2026. Vol. 14. No. 9. Art. 522. DOI: 10.3390/technologies14090522
12. Kamaletdinova L.R., Romanov A.A., Filippov A.A., Yarushkina N.G. Rule base forming for PLM systems // Information and Mathematical Technologies in Science and Management. 2024. No. 3 (35). Pp. 120-132. DOI: 10.25729/esi.2024.35.3.011
13. Pospelov K.N., Ablavatskaya D.A., Rakova V.V., Gintsyak A.M. Service-oriented architecture in the design of an organization's digital ecosystem // Computational Technologies. 2026. Vol. 31. No. 1. Pp. 121-135. DOI: 10.25743/ict.2026.31.1.010
14. Senenkov D.V., Karpeykin A.E., Ponomarenko A.O., Komarov I.V., Mishakova K.K. Software implementation of an intelligent resource management system for a robotics enterprise based on predictive machine learning models // Environmental Management Issues. 2026. Vol. 5. No. 3. Pp. 55-66.
15. Kapulin D.V., Voronkov M.S., Russkikh P.A., Drozd O.V., Soboleva E.V. Automated electronic equipment service system in small-series production // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. 2025. Vol. 25. No. 4. Pp. 5-16. DOI: 10.14529/ctcr250401

Влияние высокоэнергетических мод на динамику гравитона в методе преодоления ультрафиолетовых расходимостей

Арефьев Александр Владимирович
канд. физ. – мат. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), aaref@yandex.ru,

Бородянский Юрий Михайлович
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, borodyanskyum@gmail.com,

Дагаев Александр Владимирович
канд. техн. наук, доцент, Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, adagaev@list.ru,

Курлов Виктор Валентинович
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), vitek543@rambler.ru,

Гулиев Рамиз Балахан оглы
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ramiz63@yandex.ru

В настоящее время в мире теоретической физики обсуждается проблема неперенормируемой квантовой гравитации. Ранее предполагалось, что квантовая теория и гравитация связаны через энергии небольших колебаний от струн, которые, составляют частицы. Этот способ описания данной темы не имеет прямого доказательства, так как в настоящее время измерения не позволяют приблизиться к масштабам, меньше планковских. При попытке создания, используя функциональный интеграл ученные столкнулись с проблемой неперенормируемости. Проблему с инфракрасными расходимостями удалось решить с помощью дельта-функций Дирака. Далее возник вопрос об ультрафиолетовых расходимостях, которые появляются при вычислении интеграла по большим импульсам. При попытке вычисления интеграла возникает бесконечность, что не является удовлетворительным конечным решением. В настоящей статье представлен метод решения через нелокальный форм-фактор, выраженный через гауссовский регуляризатор и параметр ультрафиолетового обрезания. Представлены амплитуды и вероятности перехода гравитона. При вычислении получено конечное число.

Ключевые слова: гравитация, гравитон, частица, функциональный интеграл, действие, гауссовский регуляризатор, форм-фактор, амплитуда, вероятность.

Введение

Успехи квантовой теории поля в описании электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий ставят актуальный вопрос о том, что гравитация до сих пор остаётся вне квантового представления. Гравитация должна передаваться от одного тела к другому импульсами, квантами энергии. Обращаясь к двум знаменитым теориям — Ньютона и Эйнштейна, можно сказать, что ни одна из них не подпадает под категорию квантов. Закон всемирного тяготения оперирует массами, но сама масса не обладает притягательными свойствами. Аналогичная ситуация с теорией относительности, она отождествляется с собственной массой тела, которое скатывается по склону искривленного пространства-времени, предоставленного другой, более тяжелой массой [1, 2]. Квантовую теорию принято связывать с теорией гравитации Эйнштейна.

Попытки применить стандартную процедуру квантования к эйнштейновской гравитации наталкиваются на серьёзную проблему: получающаяся теория оказывается неперенормируемой. Это означает, что на высоких энергиях предсказания теории теряют смысл из-за бесконечных расходимостей [3, 4]. Данная трудность не возникает в квантовой электродинамике или в теории электрослабых взаимодействий, где расходимости удаётся устранить конечным числом перенормировок. Гравитация же демонстрирует принципиально иное поведение — расходимости множатся на каждом порядке теории возмущений [5, 6].

Объединение двух теорий сводится к одной частице, называемую в дальнейшем гравитоном. Гравитон — гипотетическая безмассовая элементарная частица, предполагаемый переносчик гравитационного взаимодействия в рамках квантовой теории. Предполагается, что гравитон не будет обладать электрическим зарядом и его спин будет равен 2. По аналогии с фотоном, который является переносчиком электромагнетизма и имеющим спин 1, гравитон должен возникать при квантовании слабых гравитационных волн. Однако из-за чрезвычайной малости гравитационной константы прямая регистрация отдельных гравитонов в ближайшем будущем невозможна, и их статус остаётся гипотетическим.

Помимо гравитонов, существуют альтернативные подходы к квантованию гравитации, такие как теория струн, петлевая квантовая гравитация, но в данной статье основное внимание уделяется стандартному квантовополевому описанию и его ключевому недостатку — ультрафиолетовым расходимостям [7-10].

Цель работы: показать, что введение нелокального форм-фактора позволяет найти конечные амплитуды переходов с участием гравитонов.

Постановка задачи

Предложить метод преодоления ультрафиолетовых расходимостей, обусловленных влиянием высокоэнергичных мод на динамику гравитона.

Математический метод вероятности перехода гравитона

Для определения вероятности обнаружить частицу необходимо перейти к функциональному интегралу. При этом действие S можно определить двумя способами:

$$S = \int_{t1}^{t2} \hbar\omega dt \quad (1)$$

$$S = \int_{x1}^{x2} \hbar k dx \quad (2)$$

ω – угловая частота,

$\hbar$ – приведённая постоянная Планка,

$\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h - постоянная Планка.

k – волновое число,

$k = \frac{\omega}{c}$, с – скорость света.

Так как для определения положения частицы используется четырехмерный интеграл, в дальнейшем будет рассматриваться решение, исходя из формул (1) и (2). Тогда полное действие для волны в пространстве-времени:

$$S = \hbar(\omega\Delta t - k\Delta x) \quad (3)$$

Далее важно получить амплитуду перехода в четырехмерном пространстве.

$$\psi = \int_{-\infty}^{\infty} dt \int_{-\infty}^{\infty} e^{\frac{i}{\hbar}S(x,t)} dx^3 \quad (4)$$

$$\psi = \int_{-\infty}^{\infty} dt \int_{-\infty}^{\infty} e^{i([\omega_2-\omega_1]t-[k_2-k_1]x)} dx^3 \quad (5)$$

Пределы интеграла обусловлены тем, что рассматриваются процессы, которые могут происходить в любой точке Вселенной и переход может произойти

в любой момент. Начало отсчёта времени не важно. В случае с бесконечностями, в которые упирается решение, нужно обратиться к дельта-функциям Дирака $\delta(x)$ [5]. Интегральное представление дельта-функции:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{i\alpha x} dx = 2\pi\delta(\alpha) \quad (6)$$

Вычисление интеграла:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{i(\omega_2-\omega_1)t} dt = 2\pi\delta(\omega_2-\omega_1) \quad (7)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i(k_2-k_1)x} dx = 2\pi\delta(k_2-k_1) \quad (8)$$

Соответственно, при интегрировании по осям y и z (8) перемножается три раза и получается:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i(k_2-k_1)x} dx^3 = 8\pi^3\delta^3(k_2-k_1) \quad (9)$$

Амплитуда перехода:

$$\psi = 2\pi\delta(\omega_2-\omega_1)(2\pi)^3\delta^3(k_2-k_1) \quad (10)$$

$$\psi = (2\pi)^4\delta(\omega_2-\omega_1)\delta^3(k_2-k_1) \quad (11)$$

$$(2\pi)^4\delta(\omega_2-\omega_1)\delta^3(k_2-k_1) = (2\pi)^4\delta^4(k_2-k_1) \quad (12)$$

$$\psi = (2\pi)^4\delta^4(k_2-k_1) \quad (13)$$

При возведении амплитуды в квадрат получаем:

$$|\psi|^2 = [(2\pi)^4\delta^4(k_2-k_1)]^2 \quad (14)$$

По свойству дельта-функции Дирака её квадрат равен бесконечности [6]:

$$[\delta(x)]^2 = \delta(x)\cdot\delta(0) = \infty \quad (15)$$

Интегрируя по объему и времени, получаем:

$$\psi = \int_{T_2}^{T_2} dt \int_{V_1}^{V_2} e^{i[(\omega_2-\omega_1)t-(k_2-k_1)x]} dx^3 = VT(2\pi)^4\delta^4(k_2-k_1) \quad (16)$$

Для перехода в непрерывный спектр конечных состояний следует просуммировать по всем конечным состояниям. Плотность конечных состояний по импульсу:

$$d\rho = \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \quad (17)$$

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \quad (18)$$

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \int_{T_1}^{T_2} dt \int_{V_1}^{V_2} e^{i[(\omega_2-\omega_1)t-(k_2-k_1)x]} dx^3 \quad (19)$$

$$P = \frac{1}{(2\pi)^3}(2\pi)^4 TV\delta(\omega_1-\omega_1) = 2\pi TV\delta(0) \quad (20)$$

$\delta(0)$ — бесконечность, может интерпретироваться как полное время:

$$\delta(0) = \frac{T}{2\pi}$$

Для определения скорости перехода используется «золотое правило» Ферми [7]. Скорость перехода — это вероятность в единицу времени:

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\psi|^2}{t} \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \quad (21)$$

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} (2\pi)^4 V\delta(\omega_1-\omega_1)\delta^3(k_2-k_1)|M|^2 \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \quad (22)$$

$$R = \frac{1}{(2\pi)^3}(2\pi)^4 V|M|^2\delta(\omega_1-\omega_1) = (2\pi)V|M|^2\delta(0) \quad (23)$$

$$R = 2\pi V|M|^2 \frac{1}{2\pi V} 2\pi\rho(E) = 2\pi V|M|^2\rho(E) \quad (24)$$

где $\rho(E) = \frac{d^3k}{(2\pi)^3}\delta(E)$ – плотность состояния по энергии.

M – матричный элемент, зависимый от импульсов.

Применение нелокального форм-фактора

При вычислении петлевых диаграмм возникают ультрафиолетовые расходимости. Эти расходимости связаны с поведением пропагаторов в области больших импульсов и обусловлены точечным характером взаимодействия. Для устранения ультрафиолетовых расходимостей предлагается модифицировать пропагаторы полей путём введения нелокального форм-фактора, экспоненциально убывающего в ультрафиолетовой области [8].

В интеграле по траекториям гауссовский регуляризатор вводится как дополнительный множитель под знаком функционального интеграла:

$$\psi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(k_2-k_1)x} e^{-x^2\lambda^2} dx^4 \quad (25)$$

λ– параметр ультрафиолетового обрезания по импульсу;

Вычисляя табличный интеграл по формуле, получаем [9]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{ipx} e^{-\alpha x^2} d^n x = \left(\frac{\pi}{a}\right)^{\frac{n}{2}} e^{-\frac{p^2}{4a}} \quad (26)$$

$$\psi = \frac{\pi^2}{\lambda^4} e^{-\frac{(k_2-k_1)^2}{4\lambda^2}} \quad (27)$$

Вероятность в пространстве при определенном переходе:

$$|\psi|^2 = \frac{\pi^4}{\lambda^8} e^{-\frac{(k_2-k_1)^2}{2\lambda^2}} \quad (28)$$

Однопетлевой интеграл принимает вид:

$$\int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{k^2}{\lambda^2}}}{k^2} \frac{d^4k}{(2\pi)^4} = \frac{\lambda^2}{16\pi^2} \quad (29)$$

что является конечным числом.

Суммируя все возможные конечные состояния получаем полную вероятность перехода:

$$P = \frac{\pi^4}{\lambda^8} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(k_2-k_1)^2}{2\lambda^2}} \frac{d^3k}{(2\pi)^3} \quad (30)$$

Теория показывает, что если пространство-время обладает минимальной длиной $l = 1/\lambda$; ($\lambda = 1/м$), то все ультрафиолетовые расходимости исчезают [10]. Вероятности переходов становятся конечными и могут быть вычислены явно. В отличие от стандартной неперенормируемой теории возмущений, где на каждом порядке возникают новые расходимости, предложенный метод с экспоненциальным регуляризатором обеспечивает конечность всех вероятностей перехода (28)–(30). Это позволяет вычислить вероятность гравитационных процессов и сделать предсказания, доступные экспериментальной проверке в планковском масштабе.

Заключение

В ходе теоретического исследования задачи неперенормируемой квантовой гравитации был рассмотрен метод преодоления инфракрасных расходимостей при помощи дельта-функций Дирака и «золотого правила» Ферми. Предложен метод преодоления ультрафиолетовых расходимостей, обусловленных влиянием высокоэнергичных мод на динамику гравитона. В основе метода лежит использование нелокального форм-фактора, который обеспечивает конечность амплитуд, и, как следствие, вероятностей переходов гравитона. Результат: конечное число при вычислении однопетлевого интеграла $\lambda^2/16\pi^2$.

Литература

1. Ершов, Г. Д. Как рождается гравитация – Москва: Издательские решения Ridero, 2019. – 435 с.
2. Волошин М.Б. Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц / М.Б. Волошин, К.А. Тер-Мартиросян. – М.: URSS, 2023. – 296 с.
3. Amadei L., Perez A., Ribisi S. Landscape of polymer quantum cosmology // Physical Review D. – 2023. – Vol. 107, No. 8. – P. 086007. – DOI: 10.1103/PhysRevD.107.086007.
4. Branchina C., Branchina V., Contino F., Pernace A. Path integral measure and the cosmological constant // Physical Review D. – 2025. – Vol. 111, No. 10. – P. 105018. – DOI: 10.1103/PhysRevD.111.105018.
5. Павленко, А. Н. П 12 Дельта-функция Дирака и ее приложения: методические указания к выполнению домашних заданий и подготовке к контрольным работам / А.Н. Павленко, О.А. Пихтилькова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 28 с.
6. Бельхеева, Р. К. Обобщенные функции в примерах и задачах: учебное пособие / Р. К. Бельхеева; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ. – 2014. –85 с.
7. Парфенов П.С. Квантовая механика. Методическое пособие к практикуму по специальным разделам физики. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 117 с.
8. Ferrero R., Han M., Liu H. One-loop effective action from the coherent state path integral of loop quantum gravity // Physical Review D. – 2025. – Vol. 112, No. 2. – P. 024033.
9. Градштейн, И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. – Москва: Физматгиз, 1963. – 1100 с
10. Volkov S. Calculation of lepton magnetic moments in quantum electrodynamics: A justification of the flexible divergence elimination method // Physical Review D. – 2024. – Vol. 109, No. 3. – P. 036012. – DOI: 10.1103/physrevd.109.036012.

The influence of high-energy modes on the dynamics of the graviton in the method of overcoming ultraviolet divergences

Arefyev A.V., Borodyansky Yu.M., Dagaev A.V., Kurlov V.V., Guliyev R.B.O.

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP), The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Ivangorodskii Humanitarian-Technical Institute (branch of) State educational institution for higher professional education «Saint-Petersburg University of Aerospace Instrumentation»

Currently, the problem of non-renormalizable quantum gravity is being discussed in the world of theoretical physics. Previously, it was assumed that quantum theory and gravity are related through the energies of small oscillations of strings that make up particles. This way of describing this topic has no direct proof, since at present measurements do not allow us to approach scales smaller than the Planck scale. When attempting to create a theory using a functional integral, scientists encountered the problem of non-renormalizability. The problem with infrared divergences was solved using Dirac delta functions. Next, the question arose about ultraviolet divergences, which appear when calculating the integral over large momenta. When attempting to calculate the integral, an infinity arises, which is not a satisfactory final solution. This article presents a method for solving the problem through a nonlocal form factor, expressed in terms of a Gaussian regulator and an ultraviolet cutoff parameter. The amplitudes and transition probabilities of the graviton are presented. The calculation yielded a final number.

Keywords: gravity, graviton, particle, functional integral, action, Gaussian regulator, form factor, amplitude, probability.

References

1. Ershov G. D. How Gravity Is Born – Moscow: Ridero Publishing Solutions. 2019. – 435 p.
2. Voloshin M.B. Theory of Gauge Interactions of Elementary Particles / M.B. Voloshin, K.A. Ter-Martirosyan. – Moscow: URSS, 2023. – 296 p.
3. Amadei L., Perez A., Ribisi S. Landscape of polymer quantum cosmology // Physical Review D. – 2023. – Vol. 107, No. 8. – P. 086007. – DOI: 10.1103/PhysRevD.107.086007.
4. Branchina C., Branchina V., Contino F., Pernace A. Path integral measure and the cosmological constant // Physical Review D. – 2025. – Vol. 111, No. 10. – P. 105018. – DOI: 10.1103/PhysRevD.111.105018.
5. Pavlenko, A. N. P 12 Dirac delta function and its applications: methodological guidelines for completing homework assignments and preparing for tests / A. N. Pavlenko, O. A. Pykhtilkova; Orenburg State University. – Orenburg: OSU, 2017. – 28 p.
6. Belkheeva, R. K. Generalized Functions in Examples and Problems: a textbook / R. K. Belkheeva; Novosibirsk State University. – Novosibirsk: RIC NSU. – 2014. – 85 p.
7. Parfenov P.S. Quantum Mechanics. A methodological guide to the workshop on special topics in physics. – St. Petersburg: ITMO University, 2018. – 117 p.
8. Ferrero R., Han M., Liu H. One-loop effective action from the coherent state path integral of loop quantum gravity // Physical Review D. – 2025. – Vol. 112, No. 2. – P. 024033.
9. Gradshtein, I. S. Tables of Integrals, Sums, Series, and Products / I. S. Gradshtein, I. M. Ryzhik. – Moscow: Fizmatgiz, 1963. – 1100 p.
10. Volkov S. Calculation of lepton magnetic moments in quantum electrodynamics: A justification of the flexible divergence elimination method // Physical Review D. – 2024. – Vol. 109, No. 3. – P. 036012. – DOI: 10.1103/physrevd.109.036012.

Инновационный подход в исследовании оптических свойств косметических средств посредством цифровой интерферометрии

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru,

Гулиев Рамиз Балахан оглы
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ramiz63@yandex.ru,

Дагаев Александр Владимирович
канд. техн. наук, доцент, Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал) Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, adagaev@list.ru,

Бородянский Юрий Михайлович
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, borodyanskyum@gmail.com,

Таюрская Ирина Соломоновна
канд. экон. наук, доцент, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, tis_ivesep@mail.ru

В работе проведено исследование гигиенических косметических средств и их влияние на подповерхностные кожные слои человека in vivo низкокогерентной томографической установкой. Низкокогерентные томографические технические средства просты в эксплуатации, малогабаритны, полностью удовлетворяют требованиям дерматологии, имеют хорошую автоматизацию, высокую погрешность и широкий диапазон измерений. Актуальность работы заключается в исследовании представленных современных гигиенических средств, а также их влияние на подкожные слои человека in vivo экспериментальной оптико-электронной томографической установкой. В работе представлены зависимости коэффициента отражения от глубины кожного покрова, а также показано влияния гигиенических косметических средств на подкожные слои человека in vivo разных производителей.

Ключевые слова: гигиеническое косметическое средство, низкокогерентная томографическая установка, коэффициент отражения, подповерхностные слои, кожный покров, источник белого света, диафрагмы.

Введение

В настоящее время в косметологии большое внимание уделяется качеству гигиенических косметических средствам [1]. Современные гигиенические косметические средства охватывают широкую область применения, в частности, на кожном покрове человека in vivo [2]. Получение достоверных и информативных данных о взаимодействии этих средств с подповерхностными слоями кожного покрова человека всегда являлось актуальной задачей для дерматологии [3, 4].

В зарубежной и в отечественной практиках оптические и оптико-электронные приборы и комплексы вышли на новый уровень в исследовании внешних агентов в подповерхностных слоях кожи человека in vivo, так как они имеют широкий диапазон измерений, высокую чувствительность и точность [5-7].

В оптико-электронные томографические приборы стали внедрять источники белого света, которые превосходят по оптическим характеристикам своих конкурентов – суперлюминисцентные диоды в несколько раз. Например, длина когерентности источников белого света находится в диапазоне от 1 мкм до 3 мкм, а у суперлюминисцентных в пределах от 30 мкм до 100 мкм, что влияет на точность измерений [8, 9]. Низкокогерентные томографические технические средства просты в эксплуатации, имеют хорошую автоматизацию, малогабаритны и полностью удовлетворяют требованиям дерматологии.

С появлением на рынке современных косметологических средств с измененным химическим составом при контроле данных агентов у некоторых действующих томографических приборов и систем исследователи стали выявлять увеличение погрешности измерений. Дело в том, что чем меньше длина когерентности (l_c) тем точнее можно проводить измерения исследуемых объектов или сред. В связи с этим несмотря на определенные успехи существующих оптико-электронных томографических приборов теоретический анализ и изучение их функциональных возможностей при контроле оптически мутных объектов (биологические объекты) становится актуальным [10].

Поэтому представляет интерес исследование представленных современных гигиенических средств, а также их влияние на подкожные слои человека in vivo экспериментальной оптико-электронной томографической установкой.

Целью работы явилось исследование зарубежных и отечественных косметологических препаратов за уходом лица человека in vivo экспериментальной низкокогерентной томографической установкой.

Постановка задачи

Важным для потребителей гигиенических косметологических средств является вопрос о конечном результате после взаимодействия кожи и внешнего агента. Поэтому необходимо измерить оптические параметры каждого исследуемого объекта на глубине его проникновения в подповерхностные слои.

Материалы и метод исследования

Материалом исследования были гелеобразные средства для кожи лица российского и импортных образцов. Образцы исследования: «Halsa cosmetics», (Serum, Россия); «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel», (Klapp, Германия); «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence», (SALON DE DIAZ, Япония).

«SKIN NATURAL Aloe Vera Gel» – высококонцентрированный гель с экстрактом алоэ вера, увлажняет чувствительную сухую кожу, стимулирует синтез коллагена, предотвращает преждевременное старение, укрепляет структуру кожи, придает эластичность.

«SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence» – деликатная сыворотка снижает пигментацию, уменьшает сетку мелких морщин, придает коже свежесть и сияние, блокирует ущерб от ультрафиолета. Подходит для любого типа кожи и возраста, особенно рекомендуется для ухода за кожей в период активного солнца, при склонности к пигментации, сухости и тусклости кожи, для уменьшения вредного воздействия окружающей среды и последствий вредных привычек. Образцы были предоставлены одной из косметологических компанией г. Санкт-Петербурга.

«Halsa cosmetics» – эта натуральная сыворотка с ретинолом, ниацинамидом и витаминами восстанавливает, увлажняет и омолаживает кожу, борется с морщинами и пигментацией.

Измерения отражательной способности от подповерхностных слоёв проводились на экспериментальной низкокогерентной томографической установке оптическая схема, которой представлена на рис. 1.

В данной установке реализован метод анализа фокусировки отраженного излучения [11].

Многие производители оптических и оптико-электронных приборов и систем при конструировании томографов применяют такие методы как метод анализа расходимости световых лучей, метод анализа фокусировки отраженного излучения, триангуляционный метод и т.д. для получения информации о распределении жидкофазных сред по глубине в биологическом материале.

Итак, на определенную глубину биологического объекта, на который нанесено гигиеническое косметологическое средство, фокусируется световое пятно посредством фокусирующей линзы О. Источник излучения – светодиод белого света с чувствительностью измерений 1мкм и лазерный диод λ = 674 нм чувствительность измерения которого равна 90 мкм.

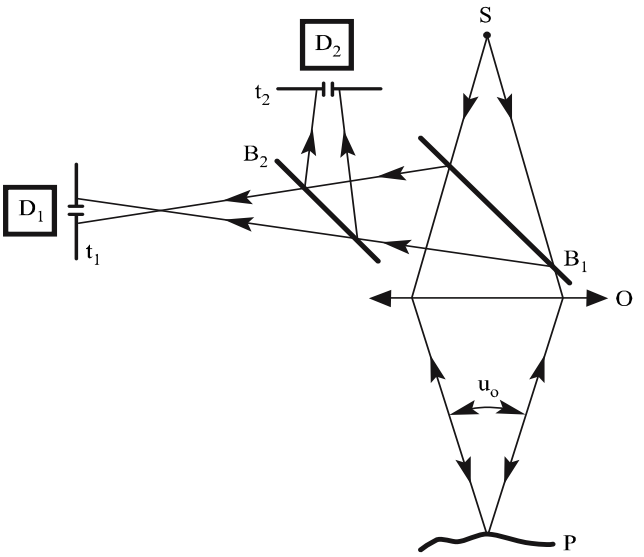


Рис. 1 Оптическая схема установки: S – источник излучения; O –линза; P – объект; t_1, t_2 – диафрагмы; B_1, B_2 – полупрозрачные пластины; D_1, D_2 – фотодиоды

Экспериментальные результаты

На рисунке 2 представлены экспериментальные результаты исследования распределения амплитуды отраженного сигнала по глубине.

При томографических исследованиях был обеспечен независимый контроль измерений зондирующего участка от возможных смещений во время измерений. В эксперименте исследовался участок кожного покрова в области глаз, где роговой слой кожи наиболее тонкий равный 5 мм х 5мм. Измерения проводились поточечно с частотой 110 Гц по нормали к контролируемому участку.

Участок закрывали прозрачной пленкой, которая служила в качестве базовой поверхности и измеряли зазор между поверхностью пленки и внешним агентом в подповерхностных слоях. Экспериментальной низкокогерентной томографической установкой измерялась амплитуда сигнала пропорциональная коэффициенту отражения нерассеянной компоненты от оптически мутной среды, положение которой определялось равенством длин ветвей интерферометра.

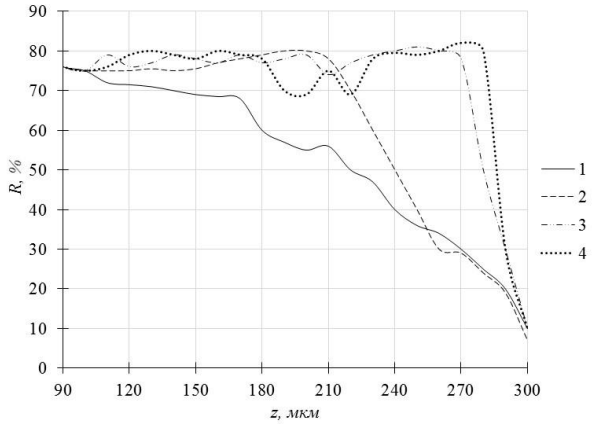


Рис. 2 Эксперимент: 1 – при отсутствии внешнего агента; 2 – при наличии «Halsa cosmetics»; 3 – при наличии «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel»; 4 – при наличии «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence»

В работе изучались изменения оптических параметров подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметологических средств. Экспериментальные результаты измерений представлены на рисунке 3.

В работе изучались изменения оптических параметров подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметических средств. Экспериментальные результаты измерений показаны на рисунке 3. Гигиенические косметические средства наносились на поверхность кожного покрова после чего проводили измерения через 1 час, 2 часа, 5 часов и 8 часов. Приведённые зависимости получены в результате усреднения данных в 8000 точках контролируемого участка. С помощью программы Interferometer результаты измерений были выведены в графической форме на мониторе компьютера.

Из графических зависимостей видно, что «Halsa cosmetics» проникал на глубину 200 мкм, «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel» – 250 мкм, «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence» – 270 мкм через 1 час. Через 8 часов после нанесения внешнего агента кожный покров возвращался в исходное состояние. Данные эксперимента дают возможность получить информацию о скорости проникновения и времени релаксации контролируемых средств. Анализируя отечественную продукцию с зарубежной, можно сделать следующий вывод: все исследуемые среды проникают практически на одну и туже глубину, находятся в подповерхностных слоях в тех же временных промежутках и перестают действовать после 8 часов, что подтверждается зависимостями коэффициента отражения от глубины проникновения на рисунке 3.

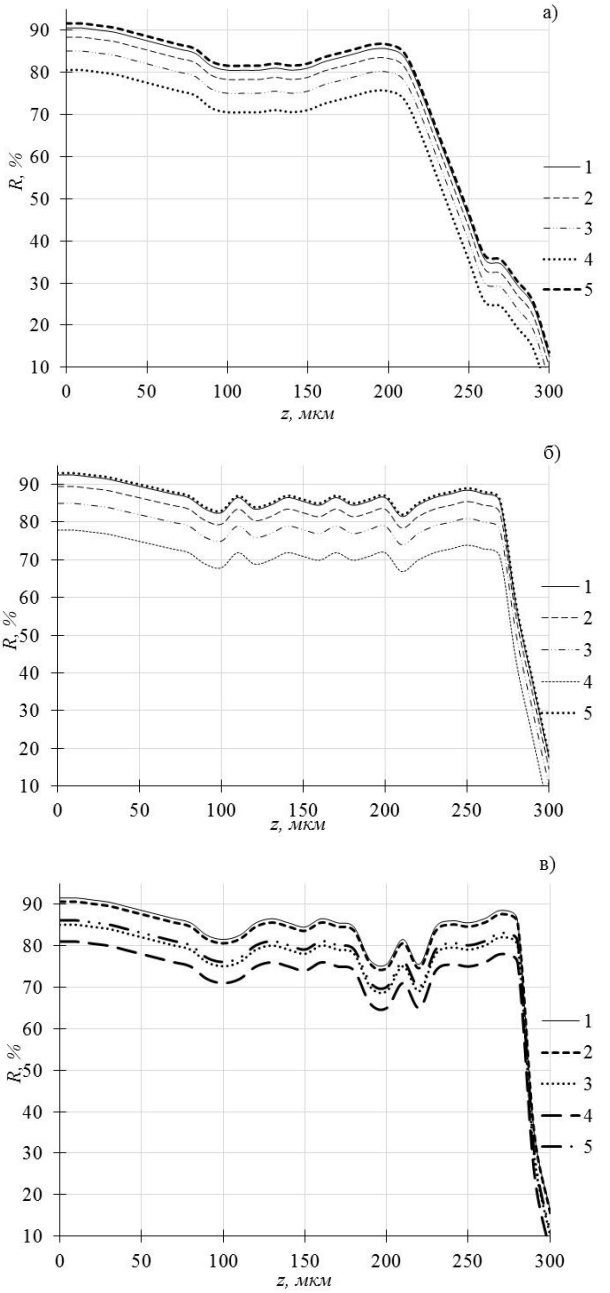


Рис. 3 Изучение влияния гигиенических косметических средств на подкожные слои человека in vivo: а) «Halsa cosmetics»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов; б) «SKIN NATURAL Aloe Vera Gel»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов; в) «SALON DE DIAZ Pure AXT Luxury Essence»: 1 – кожный покров в первоначальном состоянии, 2 – через 1 час, 3 – через 2 часа, 4 – через 5 часов, 5 – через 8 часов.

А это означает, что отечественная продукция не хуже зарубежной, так как оптические параметры материалов друг от друга сильно не отличаются.

Заключение

В работе приведены экспериментальные результаты исследования распределения амплитуды отраженного сигнала при наличии в подповерхностных слоях кожи человека in vivo гигиенических косметических средств. Дана информация о том, как изменяются оптические параметры подповерхностных слоев кожи в динамике под воздействием гигиенических косметических средств, а

также о скорости проникновения и времени релаксации контролируемых средств.

Литература

1. Вилкова С.А. Товароведение и экспертиза парфюмерно-косметических товаров. – М.: Дет. лит., 2000. 279 с.
2. Вилкова С.А., Свекольникова О.Ю. Оценка качества и конкурентоспособности косметических товаров. – М.: Бизнес книга. 2016. 407 с.
3. Безуглый А.П., Жукова О.В., Петунина В.В. Современная диагностика кожи и доказательная косметология // Клиническая дерматология и венерология. 2010. № 8(5). С. 110-112.
4. Миринова Л.Г. Медицинская косметология. – М.: КРОН-ПРЕСС. 2000. 250 с.
5. Резайкин А.В., Кубанова А.А., Резайкина А.В. Неинвазивные методы исследования кожи // Вестник дерматологии и венерологии. 2009. № 6. С. 28-32.
6. Балбашев А. Возможности оптической топометрии кожи и 3D-моделирования в дерматокосметологии и эстетической медицине // Косметика & медицина. 2008. № 4. С. 54-59.
7. Громов О.В., Майоров Е.Е., Черняк Т.А., Удахина С.В., Писарева Е.А., Константинова А.А Измерения оптических свойств кожного покрова in vivo под воздействием современных увлажняющих средств // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 3 (105). С. 38-43.
8. Майоров Е.Е., Арефьев А.В., Курлов В.В., Пушкина В.П., Бородянский Ю.М., Таюрская И.С. Экспериментальное исследование косметических масел низкокогерентным интерференционным радаром // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2023. Вып. 7. С. 585-590.
9. Hausler G., Lindner M.W. Coherence radar and spectral radar – new tools for dermatological diagnosis // Journal of Biomedical Optics. 1998. Vol.3. №1. P. 21-31.
10. Gurov I.P., Gang L. Automatic inspection of non-smoth surface displacements by interferometer with low-coherent illumination // Proceedings of SPIE. 1996. Vol. 2899. P. 230-239.
11. Georg N., Fain A. Speckle reduction using multiple tones of illumination // Applied Optics. 1973. Vol.12. P.1202-1212.

An innovative approach to studying the optical properties of cosmetic products using digital interferometry

Maiorov E.E., Guliyev R.B.O., Dagaev A.V., Borodyansky Yu.M., Tayurskaya I.S.

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP), Ivangorodskii Humanitarian-Technical Institute (branch of) State educational institution for higher professional education «Saint-Petersburg University of Aerospace Instrumentation», The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Saint-Petersburg University of management technologies and Economics

The study examined hygienic cosmetic products and their effect on the subsurface layers of human skin in vivo using a low-coherence tomographic system. Low-coherence tomographic technical devices are easy to operate, compact, fully meet dermatological requirements, have good automation, high accuracy, and a wide measurement range. The relevance of the work lies in the study of modern hygienic products and their effect on the subcutaneous layers of the human body in vivo using an experimental optoelectronic tomographic system. The paper presents the dependence of the reflection coefficient on the depth of the skin surface and also demonstrates the effect of hygiene cosmetic products from different manufacturers on the subcutaneous layers of the human body in vivo.

Keywords: hygienic cosmetic product, low-coherence tomographic system, reflectance coefficient, subsurface layers, skin surface, white light source, diaphragms.

References

1. Vilkova S.A. Commodity Science and Expertise of Perfume and Cosmetic Products. – Moscow: Det. Lit., 2000. 279 p.
2. Vilkova S.A., Svekolnikova O.Yu. Assessment of the Quality and Competitiveness of Cosmetic Products. – Moscow: Business Book. 2016. 407 p.
3. Bezugly A.P., Zhukova O.V., Petunina V.V. Modern skin diagnostics and evidence-based cosmetology // Clinical Dermatology and Venereology. 2010. No.8(5). Pp.110–112.
4. Mirinova L.G. Medical Cosmetology. – Moscow: KRON-PRESS. 2000. 250 p.
5. Rezaykin A.V., Kubanova A.A., Rezaykina A.V. Non-invasive methods of skin examination // Vestnik dermatologii i venerologii. 2009. No.6. Pp.28–32.
6. Balbashev A. The possibilities of optical skin topometry and 3D modeling in dermatocosmetology and aesthetic medicine // Cosmetics and Medicine. 2008. No. 4. Pp. 54–59.
7. Gromov O.V., Maiorov E.E., Chernyak T.A., Udahina S.V., Pisareva E.A., Konstantinova A.A. Measurements of the optical properties of the skin in vivo under the influence of modern moisturizing agents // International Research Journal. 2021. No. 3 (105). Pp. 38-43.
8. Maiorov E.E., Arefyev A.V., Kurlov V.V., Pushkina V.P., Borodyansky Yu.M., Tayurskaya I.S. Experimental study of cosmetic oils using low-coherence interference radar // Izvestiya of Tula State University. Technical Sciences. 2023. Issue 7. Pp. 585–590.
9. Hausler G., Lindner M.W. Coherence radar and spectral radar – new tools for dermatological diagnosis // Journal of Biomedical Optics. 1998. Vol.3. №1. P. 21-31.
10. Gurov I.P., Gang L. Automatic inspection of non-smoth surface displacements by interferometer with low-coherent illumination // Proceedings of SPIE. 1996. Vol. 2899. P. 230-239.
11. Georg N., Fain A. Speckle reduction using multiple tones of illumination // Applied Optics. 1973. Vol.12. P.1202-1212.

Логарифмическая аппроксимация кривых зависимостей разностей амплитуд температур в зависимости от времени как инструмент сравнительной оценки конструктивно-технологических решений термостабилизации земляного полотна на многолетнемёрзлых грунтах

Артюшенко Игорь Александрович
кандидат технических наук, доцент, Заведующий кафедрой «Проектирование и строительство железных дорог», Российский университет транспорта (МИИТ)», tywka351@mail.ru,

Пантелеев Тимур Михайлович
ассистент кафедры «Проектирование и строительство железных дорог», Российский университет транспорта (МИИТ)», panteleev-tm@rut-miit.ru

Строительство и модернизация объектов транспортной инфраструктуры в зоне распространения многолетнемёрзлых грунтов требуют обоснованного выбора конструктивно-технологического решения (КТР) термостабилизации земляного полотна. В более ранней работе авторов [1] на примере насыпи Дальневосточной железной дороги (разъезд «Окурдан») методом трёхмерного нестационарного теплофизического моделирования в программном комплексе «Frost 3D» [2] было показано, что устройство каменной наброски на откосах существенно превосходит по термостабилизирующему эффекту вариант с заменой откосов на супесь, а усложнённая конструкция «клещевидной обоймы» даёт дополнительный, но менее значимый выигрыш по тепловому балансу. Там же было отмечено, что кривая снижения сезонной амплитуды температуры в основании насыпи по внешнему виду напоминает логарифмическую зависимость вида $y=\log_a x$. Настоящая статья развивает это наблюдение до формализованного подхода сравнительной оценки КТР. Показано, что после выхода теплового режима основания на квазистационарный годовой цикл ($t \geq 16$ лет) кривая снижения сезонной амплитуды хорошо аппроксимируется линейной зависимостью от $\ln(t)$ ($R^2 = 0{,}87\ldots0{,}95$), а параметр [a] (либо обратный ему и численно устойчивый коэффициент $k = 1/\ln(a)$) может использоваться как количественный показатель эффективности КТР. Подход апробирован на трёх вариантах КТР разъезда «Окурдан»; ранжирование вариантов по параметру a полностью совпало с независимым ранжированием по конечным расчётным температурам основания. Обсуждаются границы применимости подхода, вычислительная неустойчивость прямой оценки параметра a и перспективы использования коэффициента k в системах интеллектуальной поддержки принятия проектных решений [3].

Ключевые слова: Транспорт, термостабилизация грунтов, многолетнемерзлые грунты, железная дорога, земляное полотно, каменная наброска, криолитозона, логарифмическая аппроксимация, обратная задача, конструктивно-технологическое решение.

Введение

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, развитие восточного полигона железных дорог – Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей – остаётся одним из ключевых приоритетов отрасли. Значительная часть этих линий проходит в зоне распространения многолетнемёрзлых грунтов, где устойчивость земляного полотна напрямую зависит от сохранения естественного теплового режима основания [3, 4, 5, 6]. Выбор конструктивно-технологического решения (КТР) для достижения термостабилизации – устройство каменной наброски, сезонно-охлаждающих устройств, их комбинаций – в инженерной практике по-прежнему опирается главным образом на визуальное сопоставление расчётных температурных полей и кривых, полученных для каждого варианта в отдельности [7].

Эффективность каменной наброски как пассивного средства охлаждения многолетнемёрзлых грунтов подтверждается также зарубежными исследованиями на объектах железнодорожной инфраструктуры: длительные наблюдения на Цинхай-Тибетской железной дороге показали подъём кровли многолетнемёрзлых грунтов и устойчивое охлаждающее действие каменной наброски после её устройства [8].

Параллельно развивается направление интеллектуальной поддержки принятия таких решений. Применение экспертных систем и графовых моделей конструктивных элементов позволяет формализовать технологические связи и автоматизировать генерацию номенклатуры работ [9]. Однако для работы подобных систем требуется не только качественное, но и количественное, желательно скалярное, описание эффективности рассматриваемых КТР – показатель, который можно сравнивать, ранжировать и, в перспективе, прогнозировать без повторного трёхмерного теплофизического расчёта для каждого варианта.

В работе [1] авторы, сопоставляя на примере железнодорожной насыпи разъезда «Окурдан» три варианта устройства откосов (супесь, каменная наброска, каменная наброска с клещевидной обоймой), обратили внимание, что после выхода теплового режима основания на квазистационарный годовой цикл график зависимости разницы сезонных амплитуд температуры от времени по внешнему виду напоминает логарифмическую зависимость вида $y=\log_a x$. Это наблюдение носило иллюстративный характер и было получено для единственного варианта КТР без статистической проверки качества аппроксимации и без сопоставления с другими вариантами.

Цель настоящей статьи – формализовать и проверить это наблюдение как подход сравнительной количественной оценки КТР. Для этого решаются следующие задачи: 1) построить и статистически оценить логарифмическую регрессионную модель кривой снижения сезонной амплитуды температуры для трёх вариантов КТР разъезда «Окурдан»; 2) сопоставить полученные значения параметра [a] (и производного от него коэффициента k) с независимым ранжированием тех же вариантов по конечной расчётной температуре основания; 3) установить границы применимости модели и указать направление дальнейших исследований, включая использование коэффициента k как признака для систем интеллектуальной поддержки выбора КТР.

Основная часть

Объект исследования и рассматриваемые варианты КТР

Объектом исследования, является железнодорожная насыпь на пикете 3567+83,99 разъезда «Окурдан» Дальневосточной железной дороги. Расчётная модель и исходные данные (физико-механические и теплофизические свойства грунтов, климатические граничные условия, коэффициенты приведения температуры воздуха к подошве наброски) заимствованы из [1] без изменений; трёхмерные нестационарные теплотехнические расчёты выполнены в программном комплексе «Frost 3D» на основе решения задачи Стефана с учётом фазовых переходов поровой влаги.

Сопоставляются три варианта КТР:

а) замена материала откосов на супесь (ИГЭ-7) – вариант, не предусматривающий активной термостабилизации, принят в качестве базового;

б) устройство каменной наброски на откосах – вариант, принятый в проектной документации «Челябжелдорпроект»;

в) каменная наброска с устройством дополнительных коробов, так называемая «клещевидная обойма».

Для варианта (в) расчёт продлён до 15 июля 2126 г. (100 лет эксплуатации) с использованием того же массива результатов моделирования, что и при подготовке диссертационного исследования по данной теме. Варианты (а) и (б) рассматриваются на исходном расчётном горизонте до 15 июля 2076 г. [1].

В качестве контрольной точки анализа принята точка с координатами (0 м; −30 м; 878 м) – под осью насыпи, на глубине залегания подошвы наброски. Выбор этой точки обусловлен тем, что именно в ней в [1] зафиксирован наиболее выраженный сезонный ход температуры; в точках на удалении 9 м и 19 м от бермы сезонная амплитуда температуры после стабилизации не превышает 0,1°С, что делает логарифмическую аппроксимацию в этих точках статистически неинформативной (см. раздел «Практическое применение и границы применимости»).

Перспективным направлением дальнейшего развития подхода является его применение непосредственно на стадии проектирования новых железнодорожных линий в районах распространения многолетнемёрзлых грунтов [10, 11]. При накоплении представительной базы расчётных значений коэффициента k для различных инженерно-геологических и климатических условий, а также конструктивных параметров земляного полотна, данный показатель может использоваться для предварительного отбора и ранжирования вариантов конструктивно-технологических решений ещё до выполнения полного комплекса детальных трёхмерных нестационарных теплофизических расчётов. В таком случае предлагаемый подход может стать одним из элементов информационной или интеллектуальной системы поддержки проектных решений: по заданным условиям трассы и параметрам предполагаемой конструкции формируется предварительная оценка её термостабилизирующей эффективности, после чего наиболее перспективные варианты проходят детальную расчётную проверку. Это позволит связать результаты теплофизического моделирования не только с оценкой уже разработанных конструкций, но и непосредственно с задачами обоснования конструктивных решений при проектировании новых железнодорожных линий в криолитозоне.

Постановка обратной задачи выбора оптимального КТР

Для контрольной точки на каждый год t расчётного периода определяется сезонная амплитуда температуры как модуль разности зимнего и летнего расчётных значений:

$$A(t) = |T_{зима}(t) - T_{лето}(t)|, \quad (1)$$

где $T_{зима}(t)$, $T_{лето}(t)$ – расчётные температуры грунта в контрольной точке на 15 января и 15 июля года t соответственно.

Анализ рядов A(t) для всех трёх вариантов КТР показывает общую закономерность (рисунок 1): в первые 1–2 года после ввода линии в эксплуатацию амплитуда резко возрастает (фаза активного выхолаживания основания), затем в течение примерно 15 лет так же быстро убывает, после чего – начиная с t ≈ 16 лет (2042 г.) – выходит на медленно убывающий квазистационарный участок, слабо модулированный заложенным в расчёт трендом потепления (+0,15°С за 5 лет начиная с 2051 г.). Именно этот квазистационарный участок представляет интерес с точки зрения долгосрочной оценки эффективности КТР.

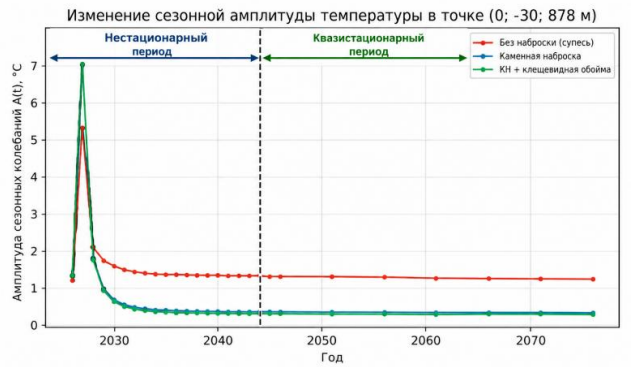


Рисунок 1 – Изменение сезонной амплитуды температуры A(t) в точке (0 м; −30 м; 878 м) для трёх вариантов КТР (разработано автором)

КН – каменная наброска

Смысл понятия «квазистационарный годовой цикл», заключается в следующем. Сразу после ввода линии в эксплуатацию тепловой режим основания является переходным: грунт, изменивший условия теплообмена с поверхностью после отсыпки насыпи, ещё не стабилизировался из-за новой конструкции, и от года к году характер изменения температуры существенно различается – сначала следует резкий скачок сезонной амплитуды, затем её быстрое затухание. В начальный период после сооружения насыпи температурное поле основания находится в переходном состоянии, обусловленном изменением граничных условий теплообмена и формированием нового положения фронтов сезонного промерзания и оттаивания. Этот участок (для рассмотренного объекта – первые t < 16 лет) определяется иной физикой – продвижением границы оттаивания/промерзания в теле и основании насыпи, а не установившимися сезонными колебаниями. Начиная примерно с t ≈ 16 лет (2042 г.) тепловой режим выходит на цикл, в котором из года в год повторяется практически одна и та же картина: зимний минимум и летний максимум температуры в контрольной точке почти не меняются от года к году, а их разность (сезонная амплитуда) становится близка к постоянной. Приставка «квази» отражает то, что режим не является абсолютно неизменным: амплитуда продолжает медленно, на сотые доли градуса в год, снижаться, а заложенный в расчёт климатический тренд потепления (+0,15°С за 5 лет начиная с 2051 г.) постепенно смещает весь температурный фон вверх. Именно для этого участка, с устоявшимся, предсказуемым характером сезонных колебаний, – логарифмическая модель (3) – (4) оказывается состоятельной (R^2 = 0,873…0,954); попытка применить её к переходному временному участку (t < 16 лет) удовлетворительного результата не дала, что согласуется с различием физических механизмов, определяющих поведение основания на этих двух стадиях.

Первая попытка напрямую аппроксимировать логарифмической функцией график разности температур за расчётный период не дала удовлетворительного результата: форма кривой на всём интервале ему не соответствовала. Аппроксимация же именно накопленного снижения сезонной амплитуды – то есть разницы между «пиковой» амплитудой и её текущим значением – на участке стабилизации (t ≥ 16 лет) оказалась состоятельной. Введём величину накопленного снижения амплитуды относительно первого года устойчивого выхолаживания (t = 1, 2027 г.):

$$C(t) = A_п - A(t), \quad (2)$$

где $A_п$ – амплитуда сезонных колебаний в первый год устойчивого выхолаживания основания (реперное значение).

Гипотеза, выдвинутая по результатам визуального анализа графиков, состоит в том, что на участке стабилизации (t ≥ 16 лет) величина C(t) описывается логарифмической зависимостью вида

$$y = \log_a x, \quad (3)$$

что эквивалентно линейной зависимости C(t) от ln(t):

$$C(t) = k \cdot \ln(t) + b, \quad k = 1/\ln a, \quad a = \exp(1/k), a > 1. \quad (4)$$

Тогда обратная задача выбора оптимального КТР формулируется следующим образом: для каждого варианта КТР по расчётным данным программного комплекса Frost 3D методом наименьших квадратов оценить коэффициенты k и b линейной регрессии C(t) на ln(t); оптимальным считается вариант с минимальным значением k (эквивалентно – максимальным значением [a] при [a] > 1), поскольку меньшему k соответствует более пологая кривая C(t), то есть более быстрый и полный выход основания на низкий уровень остаточных сезонных колебаний температуры – признак устойчивой долговременной термостабилизации.

Результаты расчёта параметра a для сравниваемых вариантов КТР

Для каждого из трёх вариантов КТР по данным таблицы 1 построена линейная регрессия C(t) = k·ln(t) + b на участке t ≥ 16 лет (годы 2042 – 2076 для вариантов «супесь», «каменная наброска» и «КН + клещевидная обойма»). Результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Параметры логарифмической регрессии C(t) = k·ln(t) + b для трёх вариантов КТР, точка (0 м; −30 м; 878 м) (разработано автором)

Вариант КТР	A_п (2027), °C	A(2042), °C	A(кон. периода), °C	k = 1/ln a	b	R^2	a = exp(1/k)
Без каменной наброски (супесь) – базовый вариант	5,35	1,33	1,24 (2076)	0,1392	3,604	0,919	$\approx 1{,}32 \cdot 10^3$
Каменная наброска на откосах (принятое в проекте КТР)	7,26	0,36	0,33 (2076)	0,0265	6,823	0,954	$\approx 2{,}42 \cdot 10^{16}$
Каменная наброска + клещевидная обойма	7,27	0,30	0,28 (2076)	0,0198	6,913	0,873	$\approx 8{,}41 \cdot 10^{21}$

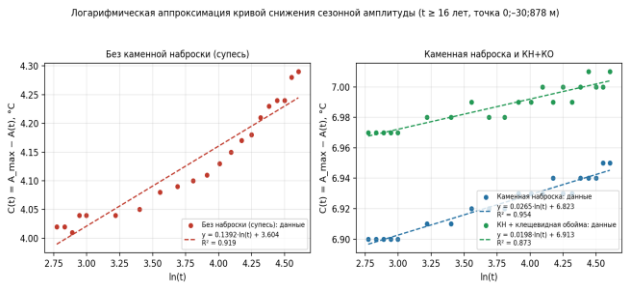


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация C(t) от ln(t) на участке стабилизации (t ≥ 16 лет) для трёх вариантов КТР (разработано автором)

Во всех трёх случаях коэффициент детерминации превышает 0,87 (R^2 = 0,873…0,954), что подтверждает состоятельность логарифмической модели именно на квазистационарном участке – при попытке включить в регрессию годы активного выхолаживания (t < 16) качество аппроксимации резко падает, что согласуется с физическим смыслом модели: логарифмический закон описывает медленное затухание сезонных колебаний в уже сформировавшемся квазистационарном тепловом поле, а не переходный процесс продвижения фронта промерзания.

Для проверки согласованности предложенного показателя с традиционной оценкой теплового состояния выполнено сопоставление ранжирования вариантов по параметру [a], использованы конечные расчётные температуры основания на 15.07.2076 г. в трёх точках по глубине насыпи (0 м, 9 м и 19 м от бермы), приведённые в [1] (таблица 2). Ранжирование вариантов КТР по параметру a полностью совпадает с ранжированием по конечной температуре основания: наименее эффективен вариант без каменной наброски, наиболее эффективен вариант с клещевидной обоймой, что подтверждает исходную гипотезу – чем выше значение [a] чем ниже коэффициент k), тем эффективнее КТР справляется с задачей термостабилизации земляного полотна.

Полученный результат согласуется с данными длительных натурных наблюдений за железнодорожной насыпью с каменной наброской на Цинхай-Тибетской железной дороге. Применение слоя крупнообломочного материала обеспечивает устойчивое охлаждение основания, способствует восстановлению многолетнемёрзлого состояния грунтов и сохраняет тепловой баланс в течение длительного периода эксплуатации [12].

Таблица 2
Сопоставление ранжирования КТР по параметру [a] и по конечной расчётной температуре основания (разработано автором)

Вариант КТР	T на 15.07.2076, °C (0 м / 9 м / 19 м от бермы)	[a] = exp(1/k)	Ранг по T	Ранг по [a]
Супесь (без наброски)	−13,20 / −6,24 / −5,45	≈1,32·10³	3 (худший)	3 (худший)
Каменная наброска	−16,47 / −6,94 / −5,73	≈2,42·10¹⁶	2	2
КН + клещевидная обойма	−16,61 / −7,09 / −5,88	≈8,41·10²¹	1 (лучший)	1 (лучший)

Обращает на себя внимание, что значения параметра a различаются между вариантами на много порядков (от ≈1,3·10³ до ≈8,4·10²¹). Это не является ошибкой вычислений, а отражает известное свойство функции a = exp(1/k): при малых значениях k (то есть при почти плоской кривой C(t) на участке стабилизации) параметр [a] чрезвычайно чувствителен к малейшим изменениям k, вплоть до потери практического смысла его абсолютного значения – именно с этой неустойчивостью, по-видимому, было связано получение в предварительных оценках (выполненных построением обычной линии тренда средствами MS Excel) значений параметра a с 12–16 нулями. В связи с этим для практического сравнения вариантов КТР предлагается использовать не сам параметр [a], а численно устойчивый коэффициент регрессии k = 1/ln(a), который меняется в разумных пределах (в рассмотренном примере – от 0,0198 до 0,1392) и однозначно (монотонно убывающей функцией) связан с эффективностью термостабилизации.

Полученный коэффициент k целесообразно рассматривать не только как параметр аппроксимирующей зависимости, но и как интегральный показатель динамики теплового состояния основания. В отличие от конечной расчётной температуры, значение которой определяется выбранным расчётным горизонтом, коэффициент k характеризует интенсивность снижения остаточной сезонной амплитуды на сформировавшемся квазистационарном участке теплового режима. Поэтому его использование позволяет перейти от оценки КТР по одному конечному состоянию к оценке характера долговременного изменения температурного режима.

При этом коэффициент k не следует интерпретировать как самостоятельный физический параметр грунта или конструкции. Его значение является результатом совместного влияния теплофизических свойств грунтов, геометрии земляного полотна, параметров термостабилизирующей конструкции и климатических воздействий. Вследствие этого практический смысл имеет прежде всего сравнительный анализ значений k, полученных для вариантов, рассчитанных в сопоставимых исходных условиях.

Практическое применение и границы применимости подхода

Предложенный коэффициент k может использоваться как показатель интенсивности долговременного изменения остаточной сезонной температурной амплитуды либо как параметр динамики установившегося температурного режима при сравнении нескольких КТР по результатам теплофизического моделирования – без необходимости визуально сопоставлять графики температурных кривых или изотермы в разные моменты времени. В перспективе значения k, накопленные по библиотеке ранее выполненных расчётов для разных объектов, климатических районов и конструктивных параметров наброски (толщина слоя, фракция камня, геометрия коробов), могут быть использованы как обучающая выборка для построения регрессионной или нейросетевой модели, прогнозирующей ожидаемую эффективность КТР непосредственно по его конструктивным параметрам – то есть без выполнения полного трёхмерного нестационарного расчёта на стадии предварительного сравнения вариантов [13]. Это согласуется с общим направлением развития экспертных систем поддержки проектных решений для земляного полотна в криолитозоне [1].

Вместе с тем подход имеет ограничения. Во-первых, он применим только в точках расчётной области, где после стабилизации сохраняется измеримая сезонная амплитуда температуры: в настоящей работе это выполняется в точке под осью насыпи (0 м от бермы), тогда как в точках на удалении 9 м и 19 м расчётная амплитуда после 2042 г. не превышает 0,05–0,1°C, и коэффициент регрессии k для таких рядов статистически ненадёжен (единичные значащие цифры исходных данных дают чрезмерный разброс оценки). Во-вторых, модель верна только для квазистационарного участка (t ≥ 16 лет для рассмотренного объекта); граница этого участка в общем случае зависит от конкретных грунтовых и климатических условий и должна определяться отдельно для каждого объекта [14], например, по критерию стабилизации разницы зимних и летних температур, использованному в [1]. В-третьих, полученные значения k привязаны к конкретному объекту (разъезд «Окурдан») и климатическому району; для использования коэффициента как универсального критерия требуется его расчёт на представительной выборке объектов.

Заключение

В работе формализовано и статистически проверено сделанное ранее [1] наблюдение о логарифмическом характере кривой снижения сезонной амплитуды температуры в основании железнодорожной насыпи, термостабилизированной каменной наброской. Показано, что после выхода теплового режима основания на квазистационарный годовой цикл (t ≥ 16 лет) накопленное снижение сезонной амплитуды температуры C(t) хорошо описывается линейной зависимостью от ln(t) (R^2 = 0,873…0,954) для всех трёх рассмотренных вариантов КТР – супеси, каменной наброски и каменной наброски с клещевидной обоймой.

Ранжирование вариантов КТР по параметру логарифмической модели [a] (или обратному ему коэффициенту k = 1/ln(a)) полностью совпало с независимым ранжированием тех же вариантов по конечной расчётной температуре основания, что подтверждает пригодность предложенного показателя как количественного критерия эффективности термостабилизации. Поскольку прямая оценка параметра [a] численно неустойчива и может принимать величины, различающиеся на десятки порядков, для практического использования рекомендован коэффициент k, изменяющийся в разумных и легко сопоставимых пределах.

Подход применим на участке квазистационарного теплового режима и в точках расчётной области с измеримой остаточной сезонной амплитудой температуры; он не заменяет полный трёхмерный теплофизический расчёт, но может использоваться как вспомогательный количественный показатель при сравнении альтернативных КТР по уже выполненным расчётам, а также как признак для последующего построения моделей интеллектуальной поддержки выбора КТР на стадии предварительного проектирования земляного полотна на многолетнемёрзлых грунтах [15]. Направлением дальнейших исследований авторы считают накопление значений коэффициента k по представительной выборке объектов и конструктивных вариантов каменной наброски с целью построения прогнозной модели, связывающей k непосредственно с конструктивными параметрами КТР.

Литература

1. Артюшенко, И. А. Анализ влияния технологии каменной наброски на теплофизические процессы в основании земляного полотна, сложенного многолетнемерзлыми грунтами / И. А. Артюшенко, Т. М. Пантелеев // Транспортные сооружения. — 2026. — Т 13. — № 2. — URL: https://t-s.today/PDF/16SATS226.pdf. — DOI: 10.15862/16SATS226. (дата обращения: 06.09.2026).
2. Ковенькин Д. А., Насников Д. Н., Чернецкая И. С. Применение программного комплекса Frost 3D для проведения теплотехнических расчётов земляного полотна // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 3 (75). – С. 80–90. – DOI: 10.26731/1813-9108.2022.3(75).80-

90. URL: https://doi.org/10.26731/1813-9108.2022.3(75).80-90 (дата обращения: 06.09.2026).
3. Шепитько, Т. В. Технологическое обоснование конструктивных решений железнодорожного земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах с применением экспертной системы / Т. В. Шепитько, А. В. Полянский, И. А. Артюшенко, А. С. Ноздрачёв // Нанотехнологии в строительстве. – 2025. – Т. 17, № 6. – С. 760–774. – DOI: 10.15828/2075-8545-2025-17-6-760-774. URL: https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-6-760-774 (дата обращения: 06.09.2026).
4. Жданова, С. М. Особенности принятия проектных решений по обеспечению устойчивости оснований железнодорожных насыпей на высокотемпературных вечномерзлых грунтах : дис. … канд. техн. наук : 05.22.06 / Жданова Светлана Мирзахановна. – СПб., 1999. – 174 с. URL: https://www.dissercat.com/content/osobennosti-prinyatiya-proektnykh-reshenii-po-obespecheniyu-ustoichivosti-osnovanii-zhelezno (дата обращения: 06.09.2026).
5. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах : актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. – М. : Стандартинформ, 2020. – 143 с. https://protect.gost.ru/sp/details/997877d3-6a46-41ac-b370-54f779d37669 (дата обращения: 06.09.2026).
6. Ашпиз Е. С., Хрусталёв Л. Н. Предотвращение деградации многолетнемёрзлых грунтов в основании насыпей железных дорог // Криосфера Земли. – 2020. – Т. XXIV, № 5. – С. 45–50. https://earthcryosphere.ru/arch/2020-5/Ashpiz_2020-5/ (дата обращения: 06.09.2026).
7. Шестакова, Д.С. Расчетное обоснование противодеградационных мероприятий на многолетнемерзлых грунтах в основании земляного полотна / Д. С. Шестакова, А. Л. Исаков // Интеллектуальный потенциал Сибири : материалы 29-й Регион. науч. студ. конф., посвящ. Году науки и технологий в России, Новосибирск, 17–21 мая 2021 г. : в 4 ч. Ч. 4 / под ред. Д. О. Соколовой. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2021. – С. 226–229. URL: https://lomonosov-msu.ru/file/event/6631/eid6631_attach_bb5235b184e4631703dc282ee2fa34b5598ee5a9.pdf (дата обращения: 06.09.2026).
8. Mu Y., Ma W., Wu Q., Sun Z., Liu Y. Cooling processes and effects of crushed rock embankment along the Qinghai–Tibet Railway in permafrost regions // Cold Regions Science and Technology. 2012. Vol. 78. P. 107–114. DOI: 10.1016/j.coldregions.2012.01.014. URL: https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.01.014 (дата обращения: 06.09.2026).
9. Минайлов, Г. П. Способы понижения температуры вечномерзлых грунтов на железных и автомобильных дорогах путем применения каменной наброски : дис. … канд. техн. наук : 05.23.11 / Минайлов Гавриил Павлович ; науч. рук. Пассек В. В. – М., 2003. – 193 с. URL: https://disser.uz/sposoby-ponizhenija-temperatury-vechnomerzlyh-gruntov-na-zheleznyh-i-avtomobilnyh (дата обращения: 06.09.2026).
10. Кондратьев В. Г. «Вечная» проблема железных дорог на вечной мерзлоте // Инженерная защита. 2015. № 10. С. 78–82. URL: https://territoryengineering.ru/bez-rubriki/vechnaya-problema-zheleznyh-dorog-na-vechnoj-merzlote/ (дата обращения: 06.09.2026).
11. СП 447.1325800.2024. Железные дороги в районах вечной мерзлоты. Основные положения проектирования. – М.: Минстрой России, 2024. URL: https://protect.gost.ru/sp/details/a135bfa3-1006-47be-b92e-cae6b1516835 (дата обращения: 06.09.2026).
12. Luo J., Niu F., Liu M., Lin Z., Yin G. Field experimental study on long-term cooling and deformation characteristics of crushed-rock revetment embankment at the Qinghai–Tibet Railway // Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 139. P. 256–263. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.04.138. URL: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.04.138 (дата обращения: 06.09.2026).
13. Ашпиз, Е. С. Расчет деформаций насыпей в районах мерзлоты / Е. С. Ашпиз, Т. С. Вавринюк // Мир транспорта. – 2012. – № 3 (41). – С. 102–107. URL: https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/670 (дата обращения: 06.09.2026).
14. Гаврилов, И. И. Способы мониторинга температуры в вечномерзлых грунтах / И. И. Гаврилов, Д. Ю. Кропачев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2014. – № 4. – С. 64–66. URL: https://www.vniioeng.ru/_user_files/file/ants/et/Equipment_and_Technologies_2014-04_rus.pdf (дата обращения: 06.09.2026).
15. Артюшенко И. А. Комбинированное использование каменной наброски и сезонно действующих охлаждающих устройств на железнодорожной насыпи, устраиваемой на многолетнемерзлых грунтах / И. А. Артюшенко, Д. А. Ворожко // Проектирование, строительство и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры в сложных климатических и инженерно-геологических условиях: материалы II Международной научно-практической конференции. — М.: Дашков и К°, 2025. — С. 27–30. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=87683599. (дата обращения: 06.09.2026).

Logarithmic Approximation of Temperature Amplitude Difference Curves as a Tool for Comparative Assessment of Structural and Technological Solutions for Thermal Stabilization of Roadbeds on Permafrost

Artyushenko I.A., Panteleev T.M.
Russian University of Transport (MIIT)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The construction and modernization of transport infrastructure in permafrost regions require a well-founded selection of structural and technological solutions (STS) for the thermal stabilization of roadbeds. In an earlier study by the authors [1], which examined an embankment on the Far Eastern Railway (at the Okurdan siding) using 3D transient thermal modeling in the "Frost 3D" software suite [2], it was demonstrated that placing a rock-fill layer on the embankment slopes provides a significantly better thermal stabilization effect than replacing the slope material with sandy loam. Furthermore, a more complex "clamping" (or "tongs-like") structural configuration offers an additional, though less substantial, improvement to the thermal balance. It was also noted that the curve representing the reduction in seasonal temperature amplitude at the base of the embankment resembles a logarithmic function of the form $y = \log_a x$. This article develops that observation into a formalized approach for the comparative assessment of various STS. It is shown that once the thermal regime of the base reaches a quasi-steady annual cycle ($t \geq 16$ years), the curve of the seasonal amplitude reduction can be effectively approximated as a linear function of $\ln(t)$ ($R^2 = 0.87–0.95$). Consequently, the parameter a—or its reciprocal, the numerically stable coefficient $k = 1/\ln(a)$—can serve as a quantitative indicator of the efficiency of a given structural and technological solution. The approach was tested on three variants of the design and technological solution (DTS) for the "Okurdan" siding; the ranking of these variants based on the parameter *a* perfectly matched an independent ranking based on the final calculated temperatures of the foundation soil. The study discusses the limits of the approach's applicability, the computational instability inherent in the direct estimation of parameter *a*, and the potential for using the coefficient *k* within intelligent decision-support systems for engineering design [3].

Keywords: Transport, ground thermal stabilization, permafrost, railway, roadbed, rockfill, cryolithozone, logarithmic approximation, inverse problem, design and technological solution.

References

1. Artyushenko, I. A. Analysis of the Impact of Rock Placement Technology on Thermophysical Processes in the Foundation of a Roadbed Made of Permafrost Soils / I. A. Artyushenko, T. M. Panteleev // Transport Structures. - 2026. - Vol. 13. - No. 2. - URL: https://t-s.today/PDF/16SATS226.pdf. - DOI: 10.15862/16SATS226. (Accessed: 06.09.2026).
2. Kovenkin, D. A., Nasnikov, D. N., Chernetskaya, I. S. Application of the Frost 3D software package for thermal calculations of a roadbed // Modern technologies. Systems analysis. Modeling. - 2022. - No. 3 (75). – P. 80–90. – DOI: 10.26731/1813-9108.2022.3(75).80-90. URL: https://doi.org/10.26731/1813-9108.2022.3(75).80-90 (date of access: 06.09.2026).
3. Shepitko, T. V. Technological substantiation of design solutions for railway roadbeds on permafrost soils using an expert system / T. V. Shepitko, A. V. Polyan-sky, I. A. Artyushenko, A. S. Nozdrachev // Nanotechnology in construction. – 2025. – Vol. 17, No. 6. – pp. 760–774. – DOI: 10.15828/2075-8545-2025-17-6-760-774. URL: https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-6-760-774 (accessed: 06.09.2026).
4. Zhdanova, S. M. Specifics of Making Design Decisions to Ensure the Stability of Railway Embankment Foundations on High-Temperature Permafrost Soils : Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences : 05.22.06 / Zhdanova, Svetlana Mirzakhanovna. – St. Petersburg, 1999. – 174 p. URL: https://www.dissercat.com/content/osobennosti-prinyatiya-proektnykh-reshenii-po-obespecheniyu-ustoichivosti-osnovanii-zhelezno (accessed: 06.09.2026).
5. SP 25.13330.2020. Foundations and Substructures on Permafrost Soils : Updated version of SNiP 2.02.04-88. – Moscow : Standartinform, 2020. – 143 p. https://protect.gost.ru/sp/details/997877d3-6a46-41ac-b370-54f779d37669 (accessed: 06.09.2026). 6. Ashpiz E. S., Khrustalev L. N. Prevention of degradation of permafrost soils in the foundation of railway embankments // Earth's Cryosphere. – 2020. – Vol. XXIV, No. 5. – pp. 45–50. https://earthcryosphere.ru/arch/2020-5/Ashpiz_2020-5/ (accessed: 06.09.2026).
7. Shestakova D. S., Isakov A. L. Computational justification of anti-degradation measures for permafrost soils in the foundation of the railway roadbed // Intellectual Potential of Siberia: Proceedings of the 29th Regional Scientific Student Conference, dedicated to the Year of Science and Technology in Russia, Novosibirsk, May 17–21, 2021: in 4 parts. Part 4 / ed. by D. O. Sokolova. – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University Publishing House, 2021. – pp. 226–229. URL: https://lomonosov-msu.ru/file/event/6631/eid6631_attach_bb5235b184e4631703dc282ee2fa34b5598ee5a9.pdf (accessed: 06.09.2026).
8. Mu Y., Ma W., Wu Q., Sun Z., Liu Y. Cooling processes and effects of crushed rock embankment along the Qinghai–Tibet Railway in permafrost regions // Cold Regions Science and Technology. 2012. Vol. 78. Pp. 107–114. DOI: 10.1016/j.coldregions.2012.01.014. URL: https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.01.014 (accessed: 06.09.2026).
9. Minaylov, G. P. Methods for Lowering the Temperature of Permafrost Soils under Railways and Highways through the Use of Rock Fill: Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences: 05.23.11 / Gavriil Pavlovich Minaylov; Scientific Supervisor: V. V. Passek. – Moscow, 2003. – 193 p. URL: https://disser.uz/sposoby-ponizhenija-temperatury-vechnomerzlyh-gruntov-na-zheleznyh-i-avtomobilnyh (accessed: 06.09.2026).
10. Kondratyev, V. G. The "Eternal" Problem of Railways on Permafrost // Engineering Protection (Inzhenernaya Zashchita). 2015. No. 10. Pp. 78–82. URL: https://territoryengineering.ru/bez-rubriki/vechnaya-problema-zheleznyh-dorog-na-vechnoj-merzlote/ (accessed: 06.09.2026).
11. SP 447.1325800.2024. Railways in Permafrost Regions. Basic Design Principles. – Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2024. URL: https://protect.gost.ru/sp/details/a135bfa3-1006-47be-b92e-cae6b1516835 (accessed: 06.09.2026).
12. Luo J., Niu F., Liu M., Lin Z., Yin G. Field experimental study on long-term cooling and deformation characteristics of crushed-rock revetment embankment at the Qinghai–Tibet Railway // Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 139. P. 256–263. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.04.138. URL: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.04.138 (accessed: 06.09.2026).

Замещение системы Лоренца автономной ансамблевой моделью Extra Trees

Филимонова Елена Геннадиевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, elenaf3@yandex.ru,

Титов Вадим Евгеньевич
старший преподаватель кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vadimtitov460@gmail.com,

Воронова Полина Андреевна
студентка, институт ФПТИ, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, poli93403@gmail.com

В работе рассматривается возможность замещения системы Лоренца автономной ансамблевой моделью машинного обучения на основе метода Extra Trees. Исходная динамическая система используется для формирования обучающих и тестовых данных, после чего модель функционирует независимо от исходных дифференциальных уравнений. Обучение проводится по зависимости между текущим состоянием системы и изменением ее фазовых координат за один временной шаг. После завершения обучения прогнозируемые состояния рекурсивно используются в качестве входных данных, что позволяет формировать автономную фазовую траекторию. Для оценки качества модели рассматриваются два режима: одношаговое прогнозирование и длительное автономное моделирование. Такой подход позволяет отдельно анализировать точность восстановления локального закона динамики и устойчивость модели при последовательном накоплении прогнозов. Особое внимание уделяется специфике хаотических систем, для которых высокое качество локального прогнозирования не гарантирует длительного совпадения конкретных траекторий. Оценка проводится на основе регрессионных метрик и сопоставления фазовых траекторий в трехмерном пространстве. Предлагаемый подход может использоваться для исследования возможностей ансамблевых методов при построении суррогатных моделей нелинейных динамических систем.

Ключевые слова: система Лоренца, хаотическая динамика, Extra Trees, ансамбль деревьев решений, машинное обучение, фазовая траектория, автономная модель, нелинейная динамическая система, прогнозирование динамики, фазовое пространство.

Введение

Исследование нелинейных динамических систем традиционно связано с построением математической модели процесса и последующим численным решением системы дифференциальных уравнений. Такой подход позволяет получать временные зависимости переменных и исследовать характер движения системы в фазовом пространстве. Вместе с тем аналитическое описание динамики доступно не для всех процессов. В экспериментальных задачах исследователь может располагать большим количеством наблюдений за состоянием объекта, не имея при этом достаточно точной математической модели его эволюции [2, 3].

Развитие методов машинного обучения позволяет рассматривать данные не только как источник информации для прогнозирования отдельных значений, но и как основу для построения альтернативной динамической модели. В такой постановке алгоритм обучается определять изменение состояния системы по ее текущим параметрам, после чего может использоваться автономно. Каждое рассчитанное состояние становится исходным для следующего шага, а обращение к первоначальной системе дифференциальных уравнений после завершения обучения не требуется.

Особый интерес представляет применение данного подхода к хаотическим системам. Их динамика характеризуется высокой чувствительностью к малым изменениям состояния, поэтому даже незначительная локальная погрешность модели способна со временем привести к существенному расхождению двух траекторий. Это делает недостаточным использование только традиционных метрик машинного обучения и требует отдельного анализа поведения модели при длительной автономной генерации последовательности состояний.

В качестве объекта исследования выбрана система Лоренца — один из классических примеров детерминированной хаотической динамики [1]. Она удобна для вычислительного эксперимента, поскольку позволяет получить эталонную фазовую траекторию и сопоставить ее с траекторией, сформированной моделью машинного обучения. В качестве метода аппроксимации используется Extra Trees — ансамблевый алгоритм, основанный на совокупности крайне рандомизированных деревьев решений, и позволяющий моделировать сложные нелинейные зависимости без предварительного задания их функционального вида.

В отличие от задачи обычного прогнозирования временного ряда в настоящем исследовании ансамбль Extra Trees используется как замена исходного механизма изменения состояния. Система Лоренца применяется для формирования обучающих и контрольных данных, после чего автономная фазовая траектория строится исключительно с помощью обученной ансамблевой модели [1, 4, 8].

Цель исследования состоит в оценке возможности использования Extra Trees для замещения динамики системы Лоренца и в установлении различий между точностью одношагового восстановления состояния и качеством длительного автономного воспроизведения фазовой траектории.

Построение автономной ансамблевой модели динамики системы Лоренца

Вычислительный эксперимент основывался на классической системе Лоренца

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x), \\ \dot{y} = x(\rho - z) - y, \\ \dot{z} = xy - \beta z, \end{cases}$$

Где x, y и z – переменные состояния системы; σ, ρ и β – её параметры. В расчетах приняты значения σ=10, ρ=28, β=3/8 [1].

При данном сочетании параметров система демонстрирует хаотический режим и формирует характерный странный аттрактор в трехмерном фазовом пространстве.

Для получения исходных данных система Лоренца численно интегрировалась при нескольких начальных условиях. Использование нескольких траекторий было необходимо для более полного представления различных участков фазового пространства в обучающей выборке [6]. Итоговая выборка включала 30 000 состояний, каждое из которых описывалось тремя фазовыми координатами.

Текущее состояние системы представим вектором $X_k = (x_k, y_k, z_k)$.

Вместо непосредственного прогнозирования следующего состояния ансамблевая модель обучалась определять его изменение за один временной шаг:

$\Delta X_k = X_{k+1} - X_k$.

Таким образом, входными признаками являлись значения x_k, y_k, z_k.

Обучающая зависимость имела вид

$(x_k, y_k, z_k) \rightarrow (\Delta x_k, \Delta y_k, \Delta z_k)$.

Такой способ построения выборки позволяет алгоритму моделировать непосредственно локальное изменение состояния []7, 8. Для малого шага дискретизации соседние точки траектории находятся достаточно близко друг к другу, поэтому использование приращений делает задачу более ориентированной на восстановление направления и величины движения системы в фазовом пространстве.

Обученный ансамбль Extra Trees определяет оценку приращения

$$\hat{X}_{k+1} = \hat{X}_k + F_{ET}(\hat{X}_k).$$

Получается последовательность

$$\hat{X}_0 \rightarrow \hat{X}_1 \rightarrow \hat{X}_2 \rightarrow \ldots \rightarrow \hat{X}_N.$$

После начала этого процесса исходная система Лоренца для расчета модельной траектории больше не используется. Поэтому сформированное отображение можно рассматривать как самостоятельную дискретную динамическую систему.

По своей вычислительной структуре данный подход частично напоминает численную схему интегрирования. При традиционном решении дифференциальной системы изменение состояния определяется известной аналитической функцией. В рассматриваемом случае ее функциональная роль фактически передается ансамблю деревьев:

$$X_{k+1} = X_k + F_{ET}(X_k).$$

При этом модель не получает сведений об аналитическом виде исходных уравнений. Она не использует непосредственно выражения, содержащие произведения фазовых переменных, и не располагает информацией о физических или математических предпосылках системы Лоренца. Закон изменения состояния формируется только на основании обучающей совокупности наблюдений.

В этом состоит одно из существенных отличий предлагаемого подхода от методов идентификации параметров известной системы. Задача не заключается в определении неизвестных значений параметров при заранее заданной структуре уравнений. Ансамбль формирует альтернативный дискретный оператор перехода, не воспроизводя исходную аналитическую запись системы.

Вместе с тем автономное использование модели предъявляет значительно более жесткие требования, чем одношаговая регрессия. Ошибка определения очередного приращения приводит к появлению состояния, отличающегося от эталонного. Именно это измененное состояние становится входом следующего шага. Поэтому погрешности начинают последовательно влиять друг на друга.

Для обычного устойчивого процесса подобное накопление ошибок может происходить относительно медленно. В системе Лоренца ситуация осложняется хаотическим характером динамики: близкие состояния со временем способны формировать существенно различающиеся траектории. По этой причине точное восстановление отдельных переходов еще не означает, что ансамблевая модель будет длительно следовать той же конкретной траектории, что и исходная система.

В связи с этим результаты модели необходимо анализировать в двух взаимодополняющих режимах: как качество локального оператора перехода и как поведение автономной динамической системы.

Оценка точности модели и сопоставление фазовых траекторий

Результаты вычислительного эксперимента показали значительное различие между одношаговой точностью Extra Trees и результатами длительного автономного моделирования.

При одношаговой проверке модель каждый раз получала истинное текущее состояние системы Лоренца и должна была определить состояние на следующем временном шаге. Средняя абсолютная ошибка составила *MAE*=0,00452985, среднеквадратичная ошибка — *RMSE*=0,01233879, а коэффициент детерминации достиг R^2=0,99999785.

Столь высокое значение коэффициента детерминации и низкие абсолютные показатели ошибки свидетельствуют о том, что ансамбль Extra Trees с высокой точностью аппроксимировал локальное изменение состояния системы. При использовании истинной точки фазовой траектории модель практически точно определяет положение следующей точки.

Полученный результат имеет принципиальное значение. Он показывает, что ансамбль деревьев способен извлечь из набора наблюдений достаточно точную зависимость между фазовым состоянием и его изменением, несмотря на то что аналитический вид исходной системы непосредственно в модель не передавался.

Совершенно иные значения получены при автономном запуске, когда каждое спрогнозированное состояние становилось входом следующего шага.

Таблица 1
Показатели ошибки автономной модели Extra Trees

Показатель	x	y	z	Общее значение
MAE	9,182484	10,067447	10,689769	9,979900
RMSE	11,005835	12,218347	13,031287	12,113778
R^2	−0,908341	−0,850796	−1,493123	—

Общая средняя абсолютная ошибка автономной траектории составила 9,979900. Наименьшее значение *MAE* наблюдалось для координаты *x* — 9,182484, тогда как для *y* оно увеличилось до 10,067447, а для *z* — до 10,689769.

Аналогичная закономерность наблюдалась для среднеквадратичной ошибки. Для координаты *x* *RMSE* составила 11,005835, для *y* — 12,218347, для *z* — 13,031287. Общая среднеквадратичная ошибка достигла 12,113778. Следовательно, наиболее значительное поточечное расхождение в проведенном эксперименте наблюдалось по третьей фазовой координате.

Особенно показательными являются значения коэффициента детерминации. В автономном режиме они оказались отрицательными для каждой из трех фазовых переменных:

$$R_x^2 = -0,908341,$$
$$R_y^2 = -0,850796,$$
$$R_z^2 = -1,493123.$$

Отрицательные значения свидетельствуют о том, что после длительного автономного расчета модельная последовательность уже не воспроизводит синхронные значения конкретной исходной траектории. При стандартной трактовке регрессионной задачи подобные показатели означали бы низкое качество прогноза.

Однако применительно к системе Лоренца эти значения необходимо рассматривать совместно с одношаговыми результатами. Именно контраст между двумя режимами является наиболее существенным результатом исследования. Одношаговый коэффициент детерминации составил 0,99999785, то есть был практически равен единице, тогда как при автономной генерации значения для всех координат стали отрицательными.

Такое различие нельзя объяснить неспособностью ансамбля моделировать локальную динамику. Напротив, одношаговые метрики показывают, что локальный переход был восстановлен с высокой точностью. Причиной резкого снижения долгосрочной точности является рекурсивное накопление даже очень малых отклонений в сочетании с хаотическими свойствами системы Лоренца.

Если на некотором шаге модель формирует состояние $\bar{X}_k$ с небольшим отклонением от эталонного X_k, то уже следующий прогноз рассчитывается не из истинной, а из измененной точки фазового пространства. Далее отклонение снова влияет на следующий результат. Вследствие высокой чувствительности системы к малым изменениям две первоначально близкие траектории постепенно теряют синхронизацию.

Масштаб этого эффекта особенно хорошо показывает сопоставление значений *RMSE*. Одношаговая среднеквадратичная ошибка составляет 0,01233879, тогда как общая *RMSE* автономной траектории достигает 12,113778. Следовательно, долгосрочное поточечное расхождение оказывается приблизительно в 982 раза выше одношаговой ошибки. Разница почти в три порядка демонстрирует, насколько существенным оказывается накопление небольших локальных погрешностей при автономном моделировании хаотического процесса.

Дополнительно рассчитывалось евклидово расстояние между соответствующими точками исходной и модельной фазовых траекторий:

$$d_k = \sqrt{(x_k - \bar{x}_k)^2 + (y_k - \bar{y}_k)^2 + (z_k - \bar{z}_k)^2}.$$

Среднее расстояние составило

$$\bar{d} = 18,996281,$$

а максимальное значение достигло

$$d_{max} = 42,938870.$$

Полученные значения подтверждают потерю поточечной синхронизации между траекторией исходной системы и автономной траекторией Extra Trees.

При этом использование только расстояний между синхронными точками для хаотической системы является недостаточным. После расхождения двух реализаций одна траектория может находиться на одном крыле аттрактора, а другая — на другом. Расстояние между ними в этот момент будет значительным, хотя обе точки потенциально могут принадлежать области, характерной для одной и той же динамической системы.

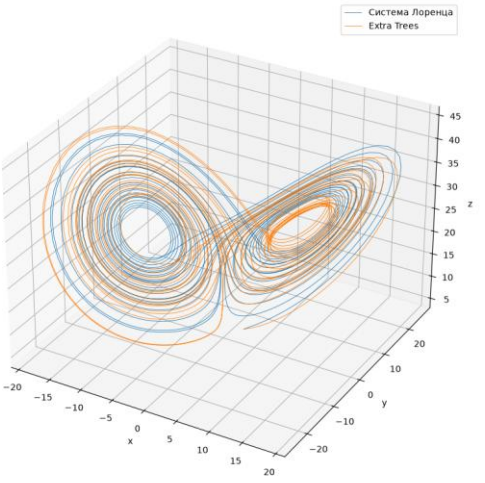


Рис.1. Сравнение фазовых траекторий системы Лоренца и автономной модели Extra Trees

Поэтому в работе наряду с численными показателями выполнено трехмерное сравнение фазовых траекторий системы Лоренца и модели Extra Trees.

На рисунке обе траектории представлены в общем пространстве координат *x*, *y* и *z*. Такое сопоставление позволяет дополнить традиционные показатели ошибки анализом геометрического поведения модели. Численные метрики отвечают на вопрос о том, находится ли Extra Trees в тот же момент времени в той же точке, что и исходная система. Фазовый портрет позволяет поставить другой вопрос — в какой степени модель после потери синхронизации продолжает воспроизводить характерную область движения системы Лоренца.

Это различие принципиально при оценке хаотических процессов. Для обычной задачи прогнозирования значительная *MAE* или отрицательный коэффициент детерминации являются достаточными основаниями говорить о

неудовлетворительном соответствии прогнозируемого временного ряда исходному. В рассматриваемой задаче такой вывод был бы неполным, поскольку целью является не только временная синхронизация, но и замещение оператора динамики.

Полученные результаты позволяют выделить два уровня качества ансамблевой модели.

Первый уровень связан с локальной точностью. По этому критерию Extra Trees продемонстрировал высокий результат. Одношаговая *MAE* составила 0,00452985, *RMSE* — 0,01233879, а коэффициент детерминации достиг 0,99999785. Следовательно, модель практически точно определяет ближайший переход между состояниями при условии, что получает корректную текущую точку.

Второй уровень связан с долгосрочной траекторной точностью. В данном случае модель не сохраняет синхронизацию с конкретной эталонной реализацией: общая *MAE* достигает 9,979900, *RMSE* — 12,113778, а коэффициенты детерминации оказываются отрицательными.

Таким образом, результаты не являются противоречивыми. Они характеризуют различные свойства модели. Extra Trees способен точно аппроксимировать локальный закон перехода, однако небольшие ошибки этого приближенного оператора при тысячах последовательных применений приводят к формированию иной реализации хаотического движения.

С научной точки зрения особенно важно, что результаты позволяют поставить под сомнение достаточность стандартного подхода к оценке машинных моделей динамических систем. Если бы качество Extra Trees оценивалось исключительно по одношаговому R^2), можно было бы сделать вывод о почти полном воспроизведении исходной системы. Если же использовать только долгосрочные значения R^2), вывод оказался бы противоположным. Ни один из этих вариантов отдельно не отражает полностью свойства модели.

Для оценки замещения хаотической системы необходимо одновременно учитывать локальную точность, характер накопления ошибки и геометрию фазовой траектории. Представленный в работе рисунок сравнения двух трехмерных траекторий поэтому следует рассматривать как часть экспериментального анализа, а не исключительно как иллюстрацию.

Дальнейшее развитие количественной оценки может быть связано с анализом геометрического сходства аттракторов независимо от синхронизации по времени. В частности, целесообразно сопоставлять распределения точек в фазовом пространстве, диапазоны и дисперсии переменных, расстояния между множествами точек, частоту переходов между крыльями аттрактора и показатели Ляпунова. Такие характеристики позволят определить, насколько автономная модель сохраняет именно динамический режим исходной системы после неизбежного расхождения отдельных траекторий.

Заключение

Проведенное исследование показало, что ансамбль Extra Trees способен с высокой точностью воспроизводить локальный закон изменения состояния системы Лоренца, однако при длительном автономном моделировании накопление малых ошибок приводит к расхождению с конкретной исходной траекторией.

Для хаотических систем это означает необходимость разделять качество локального восстановления динамики и качество долгосрочного поточечного прогноза. Оценка подобных моделей должна учитывать не только стандартные регрессионные показатели, но и устойчивость автономного режима, характер накопления ошибки и сохранение структуры движения в фазовом пространстве.

Перспективным направлением дальнейшего исследования является количественная оценка геометрического сходства исходного и восстановленного аттракторов, а также сравнение Extra Trees с другими ансамблевыми и нейросетевыми методами.

Литература

1. Lorenz E. N. Deterministic Nonperiodic Flow // Journal of the Atmospheric Sciences. 1963. Vol. 20, no. 2. P. 130–141. DOI: 10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2.
2. Анищенко В. С. Сложные колебания в простых системах: механизмы возникновения, структура и свойства динамического хаоса в радиофизических системах. 2-е изд., доп. М.: Либроком, 2009. 314 с.
3. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. P. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.
4. Geurts P., Ernst D., Wehenkel L. Extremely Randomized Trees // Machine Learning. 2006. Vol. 63. P. 3–42. DOI: 10.1007/s10994-006-6226-1.
5. Brunton S. L., Proctor J. L., Kutz J. N. Discovering Governing Equations from Data by Sparse Identification of Nonlinear Dynamical Systems // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Vol. 113, no. 15. P. 3932–3937. DOI: 10.1073/pnas.1517384113.
6. Pathak J., Hunt B., Girvan M., Lu Z., Ott E. Model-Free Prediction of Large Spatiotemporally Chaotic Systems from Data: A Reservoir Computing Approach // Physical Review Letters. 2018. Vol. 120, no. 2. Article 024102. DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.024102.
7. Vlachas P. R., Pathak J., Hunt B. R., Sapsis T. P., Girvan M., Ott E., Koumoutsakos P. Backpropagation Algorithms and Reservoir Computing in Recurrent Neural Networks for the Forecasting of Complex Spatiotemporal Dynamics // Neural Networks. 2020. Vol. 126. P. 191–217. DOI: 10.1016/j.neunet.2020.02.016.
8. Смирнов А. О., Дик О. Е., Фролова Е. А., Титов В. Е. Исследование микроэлектромеханического акселерометра как нелинейной динамической системы // Наукоемкие технологии. 2021. Т. 22, № 8. С. 80–86. DOI: 10.18127/j19998465-202108-12.

Surrogate Modeling of the Lorenz System Using an Autonomous Extra Trees Ensemble

Filimonova E.G., Titov V.E., Voronova P.A.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The paper considers the possibility of replacing the Lorenz system with an autonomous ensemble machine learning model based on the Extra Trees method. The original dynamical system is used to generate training and test data, after which the model operates independently of the original differential equations. The model is trained using the relationship between the current system state and the change in its phase variables over one time step. After training, the predicted states are recursively used as new inputs, allowing an autonomous phase trajectory to be generated. The model is evaluated in two modes: one-step prediction and long-term autonomous simulation. This approach makes it possible to separately analyze the accuracy of local dynamics reconstruction and the stability of the model under recursive prediction. Particular attention is paid to the specific properties of chaotic systems, for which high local prediction accuracy does not necessarily ensure long-term agreement between individual trajectories. The evaluation is based on regression metrics and three-dimensional comparison of phase trajectories. The proposed approach can be used to investigate the applicability of ensemble methods to the construction of surrogate models for nonlinear dynamical systems.

Keywords: Lorenz system, chaotic dynamics, Extra Trees, decision tree ensemble, machine learning, phase trajectory, autonomous model, nonlinear dynamical system, dynamics prediction, phase space.

References

1. Lorenz E. N. Deterministic Nonperiodic Flow // Journal of the Atmospheric Sciences. 1963. Vol. 20, No. 2. P. 130–141. DOI: 10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2.
2. Anishchenko V. S. Complex Oscillations in Simple Systems: Mechanisms of Emergence, Structure and Properties of Dynamical Chaos in Radiophysical Systems. 2nd ed. Moscow: Librokom, 2009. 314 p.
3. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. P. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.
4. Geurts P., Ernst D., Wehenkel L. Extremely Randomized Trees // Machine Learning. 2006. Vol. 63. P. 3–42. DOI: 10.1007/s10994-006-6226-1.
5. Brunton S. L., Proctor J. L., Kutz J. N. Discovering Governing Equations from Data by Sparse Identification of Nonlinear Dynamical Systems // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Vol. 113, No. 15. P. 3932–3937. DOI: 10.1073/pnas.1517384113.
6. Pathak J., Hunt B., Girvan M., Lu Z., Ott E. Model-Free Prediction of Large Spatiotemporally Chaotic Systems from Data: A Reservoir Computing Approach // Physical Review Letters. 2018. Vol. 120, No. 2. Article 024102. DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.024102.

Устойчивое пространственное развитие Арктической зоны Северо-Востока Российской Федерации: градостроительные стратегии в условиях климатического перехода и расширения СМП

Алексеев Николай Николаевич
доцент кафедры «Архитектура и городское строительство», Инженерно-технический институт, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, alex1459@mail.ru

В статье рассматривается пространственная организация Арктической зоны Северо-Востока России (территории Якутии и Чукотки) и в условиях изменения климата. Акцент сделан на трансформацию транспортной системы основного жизнеобеспечивающего сектора экономики – на «северный завоз», завоз товаров первой необходимости в Арктические поселения, в условиях климатического перехода и приоритетного развития Северного морского пути (СМП). Обосновывается необходимость формирования нового транспортного каркаса, объединяющего морские порты СМП, опорные населённые пункты и месторождения полезных ископаемых. В структуру каркаса предложено включать судоходные реки, автомобильные подходы (в том числе автозимники и дороги с твёрдым покрытием), обеспечивающие потенциальный мультипликативный эффект для экономики страны за счёт повышения транспортной связности, надёжности поставок (в частности, продовольствия) и устойчивого развития Арктической зоны Северо-Востока России.

Ключевые слова: Арктическая зона, Северо-Восток России, Якутия, Чукотка, северный завоз, опорные пункты, Северный морской путь, транспортная система, климатический переход, КМНС, транспортный каркас, автозимники, альтернативные транспортные технологии.

Введение

По данным, приведенным в приказе Минвостокразвития России от 26.11.2021 №221 «Об утверждении Плана адаптации к изменениям климата Арктической зоны Российской Федерации» наблюдается статистически значимый (на 5-процентном уровне значимости) рост среднегодовой температуры в Арктической зоне Российской Федерации. Увеличение температуры, прежде всего, ведёт к разрушительным последствиям для инфраструктуры и экономики криолитозоны России [1, с. 8-10].

В 2024 году сообщалось, что учёные из МФТИ и Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН представили оценку наблюдаемых и вероятных изменений климата Арктики с использованием двух версий модели INMCM. Результаты исследования: прогнозируется увеличение температуры в Северной Евразии более чем на 6 ºС к концу XXI века по сравнению с 1995–2014 гг. Это грозит, в первую очередь, сокращением площади арктических льдов и таянием вечной мерзлоты.

Высокие риски техногенных и природных катастроф в связи с активным изменением климата и дискретная система расселения в Арктическом регионе требуют детального изучения и принятия превентивных мер [2, с. 4-60]. В своём исследовании по устойчивому развитию арктической зоны Российской Федерации в современных реалиях авторы Р.Р. Сарварова и А.Л. Путинцев пришли к выводу, что многолетняя практика концепции обеспечения сбалансированного решения проблемы сохранения окружающей среды и задач социально-экономического развития территории Арктической зоны РФ не привела к сокращению темпов изменения климата, улучшению экологии и условий проживания коренных малочисленных народов Севера. Индикаторы экономик большинства стран, в том числе и РФ, отображают максимальное извлечение прибыли, а не целесообразное природопользование [3, С. 256–265].

Материалы и методы

В целях анализа и обобщения полученной информации использовались картографический, статистический, сравнительно-географический методы, теоретическое обобщение практики и опыта, метод исторического подхода (историко-сравнительный), классификации и типологии, а также методы графического, аналитического, статистического, социально-экономического и системно-структурного анализа.



Рис. 1. Арктическая зона Северо-Востока Российской Федерации

Арктическая зона Северо-Востока Российской Федерации (далее Арктическая зона СВРФ) от западной части Арктической зоны России, которая развита и обеспечена основными факторами производства, отличается слабо развитой инфраструктурой, нехваткой материальных и трудовых ресурсов. В Арктическую зону СВРФ входят территории арктических улусов (районов) Якутии и Чукотки (рис. 1). В стратегическом плане, оборонном, сырьевом, научном и др., территория Арктической зоны СВРФ, для страны является одним из важных регионов России. На территории разведано 12 алмазоносных районов, также месторождения золота, олова, каменного угля. Чукотский автономный округ – один из центров добычи золота и угля. В разработке находятся два участка хромовых руд [4, С. 87–96].

На этих территориях постоянно проживают коренные малочисленные народы Севера (далее КМНС), ведут оленеводство, охоту, рыболовство, сезонное кочевое хозяйство. Значительную роль в традиционном природопользовании играют родовые общины, которые для КМНС являются моделью выживания и сохранения этноса [5, №4].

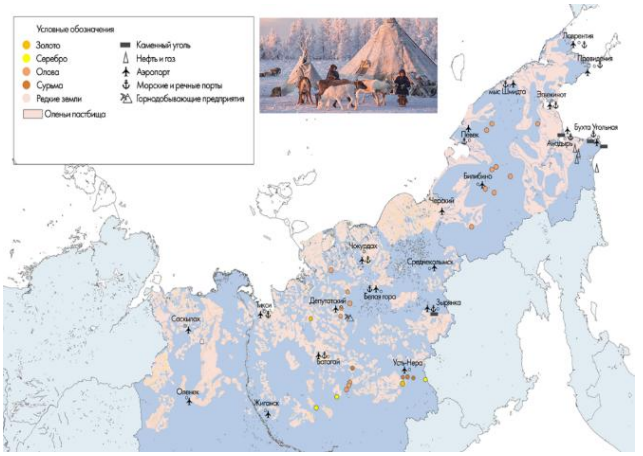


Рис. 2. Карта оленьих пастбищ и месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне СВРФ

Исследование А.Б. Неустроевой и И.В. Самсоновой показало наличие большого количества социальных проблем, влияющих на уровень и качество жизни, состояние здоровья и условия проживания малочисленных народов, в том числе в следствие изменения климата. [6, С. 88-96.]. Как видно на рисунке 2, многие места месторождений полезных ископаемых находятся в границах оленьих пастбищ. Для сохранения традиционного образа жизни КМНС необходимо разработать механизмы, позволяющие адаптировать образ жизни малочисленных народов Севера к изменению климата и возможному размещению на этих территориях промышленных предприятий, для чего необходимо выработать решения по реализации прав и гарантий КМНС при развитии территорий, в том числе путём установления градостроительных регламентов использования территории [7, с. 67].

Потепление климата повлияло на основной жизнеобеспечивающий сектор экономики Арктической зоны СВРФ – на «северный завоз», завоз в Арктические поселения товаров первой необходимости. Товары северного завоза доставляются с «материка», с центральных районов Якутии и Чукотки, по так называемым «зимникам», проложенным автомобильным дорогам по замерзшим рекам и озерам (рис. 3). В результате изменения климата значительно увеличилось количество осадков, что повлияло на уменьшение толщины ледового покрытия рек, увеличение объема расчищаемого снега, частых снегозаносов и образования наледей (вод, выходящих на поверхность льда под давлением снегового покрова). Сроки действия автозимников для Арктических районов Якутии сократились почти на два месяца по сравнению с 2000 годом. Появилась угроза на доставку грузов первой необходимости, продовольствия и топлива для котельных населенных пунктов, существенно затруднились доставка материалов и техники для промышленного освоения минерально-сырьевого направлений [8; 9]. По информации пресс-центра казенного предприятия РС(Я) «Дороги Арктики» от 2 октября 2025 года примерный график открытия и закрытия автозимников 2025–2026 гг. составил с декабря по 20 апреля 2026 года, когда как в 2000 году «зимник» для Арктических районов Якутии был открыт с октября по май.



Рис. 3. Карта зимников Арктической зоны СВРФ

В этой связи развитие трансарктического транспортного коридора (северный морской путь) может стать ключевым звеном для решения проблемы северного завоза в условиях климатического перехода, что должно предусматривать наличие морской инфраструктуры, которая будет обеспечивать безопасное судоходство и связь между крупнейшими реками и Севморпутем.

В результате климатических изменений происходит интенсификация хозяйственной деятельности Арктической зоны по Северному морскому пути (СМП), полностью находящемуся в российской акватории. Освобождение водной площади от ледового покрова увеличивает доступность и навигационную привлекательность СМП. Грузооборот по СМП «к 2035 году может достичь 150 млн тонн, к 2050 году – 200 млн тонн» [10]. Существует перспектива углубления сотрудничества с КНР, которая уже осуществляет регулярные рейсы по СМП [11] и заинтересована в инвестировании и совместных проектах с Россией в АЗРФ [12]. На фоне нестабильности в Суэцком канале СМП выглядит перспективным маршрутом для интеграции в систему международных транспортных путей.

На морском побережье Арктической зоны СВРФ функцию морского глубоководного порта, обеспечивающего в том числе безаварийную работу всего Севморпути между Диксоном и Певе хком, должна выполнить агломерация Тикси–Найба с реконструкцией морского порта в п. Тикси и строительством нового морского глубоководного терминала в с. Найба Булунского района. Задача агломерации – повышение эффективности экономики за счёт укрепления агломерационных связей, наращивание капиталовложений в научно-технологическое и инновационное развитие [13, С. 10]. Новый терминал будет находиться в 112 км от административного центра поселка Тикси, прогнозной мощностью 30 млн тонн грузов в год и будет способствовать расширению акватории морского порта Тикси [14]. Остальное побережье от Найбы до Певека, в том числе устья рек Яна, Индигирка, Колыма являются мелководными не пригодными для строительства морского порта и выхода судов категории река-море на море из этих рек [15, С. 43-58].

Используемые методы исследования применялись в рамках комплексного, территориального, системно-структурного, исторического, экологического и культурологического общенаучных подходов.

Определение обновленных принципов формирования и реализации концепции пространственного развития Арктической зоны при активном изменении климата и в новых социально-экономических условиях требует коренного переустройства подходов к формированию транспортных коридоров, комфортности и безопасности проживания в этих районах жителей Арктики и приезжающих специалистов, энергоэффективности и адаптивности строений и комплексов к изменяющимся условиям.

В результате изучения материалов, которые составляют информационную базу исследования, выявлены следующие основные проблемы градостроительного характера, с которыми сталкиваются жители Арктики в связи с изменением климата.

Деформация зданий и сооружений. Интенсивное таяние многолетней мерзлоты приводит к появлению различных форм термокарста – впадин и проседания земли. В результате может возникнуть единовременное или массовое разрушение значительной доли жилых домов, объектов социального назначения, коммунальной инфраструктуры.

Риск разрушения автомобильных и железных дорог. Опасность для основных маршрутов транспортировки нефти и природного газа. Под угрозой находятся магистральные газопроводы и другие маршруты.

Рост количества зимних осадков и пурговых дней, что приводит к затруднениям по прокладке автозимников по ледовым покрытиям, руслам рек и озер.

Рост гололёдных и гололёдно-ветровых нагрузок, что увеличивает риск аварий и вынужденных отключений линий связи и электропередач.

Рост меженных расходов и уровня воды в реках в условиях уменьшения промерзания почвогрунтов способствует повышению уровня грунтовых вод и подтопление населенных пунктов.

Позднее наступление зимы и ранней весны в целом повлиял на уклад жизни и традиционные виды экономической деятельности жителей Арктики.

Положительным эффектом потепления климата в Арктике можно назвать расширение навигационного периода Северного морского пути, его пропускной способности и возможности использования обычных кораблей. Однако более теплый климат может привести к появлению свободно плавающих льдин-айсбергов.

Чтобы избежать негативных последствий, необходимо адаптировать инфраструктуру Арктики к изменению климата и связанным с ним рискам. Для этого нужны новые технологии строительства, технические регламенты, нормы и правила, учитывающие изменение климата и глобальное потепление. Также необходимо разрабатывать новые типы арктической архитектуры зданий и сооружений, которые будут основаны на использовании современных материалов и модульных технологий [16, С. 145; 17]. Они позволят создавать устойчивые и функциональные конструкции для зданий различного назначения, транспортных магистралей и инфраструктуры в Арктике.

В систему опорных населенных пунктов Арктической зоны Северо-Востока России вошли морские порты Тикси, Певек, Анадырь и 13 районных центров Республики Саха (Якутия), 6 районных центров Чукотского автономного округа (рис. 4), приоритетное развитие которых должно способствовать достижению национальных целей и повышению национальной безопасности, в том числе за счёт обеспечения доступности образования, медицинской помощи, услуг в сфере культуры для жителей прилегающих территорий. Они должны образовать каркас активной социальной и культурной жизни, стать центрами организации дорожно-ремонтного и транспортного обслуживания, логистическими центрами [18].



Рис. 4. Опорные населенные пункты Арктической зоны СВРФ



Рис 5. Новые возможности для доставки продовольствия в Арктической зоне СВРФ

К этому каркасу могут добавиться некоторые национальные поселения КМНС с высоким демографическим потенциалом естественного прироста постоянного населения, приспособленного к арктическим условиям, с традиционным укладом ведения хозяйства.

Но в настоящее время, сочетание климатических, экономических, инфраструктурных, экологических и социальных факторов ограничивает интенсивное развитие системы опорных пунктов Арктической зоны Северо-Востока России. Для преодоления этих препятствий требуется комплексный подход, включающий дополнительные инвестиции, совершенствование механизмов планирования, учёт местных особенностей и усиление государственной поддержки.

В этой ситуации, на сегодняшний день, в качестве точек роста на этих территориях, выступают создаваемые инфраструктуры для добычи полезных ископаемых и строительство подходов к ним.

Одним из масштабных проектов по преобразовании территории и реализации новых подходов к объектам минерально-сырьевой направленности можно считать решения Правительства РФ при активном участии Правительства РС(Я), строительство порта Найба на глубоководном побережье Хара-Улахской бухты в море Лаптевых (это в 165-ти км к юго-востоку от посёлка Тикси, административного центра Булунского улуса), а также начало проектирования и строительства атомной станции малой мощности в п. Усть-Куйга Усть-Янского улуса (района), планируемой как единый низко углеродный источник энергии для развития Кючусского кластера месторождений твердых полезных ископаемых на Севере Якутии. В Кючусский кластер входят:

1) золоторудное месторождение Кючус: 177 т запасов;

2) месторождение олова «Депутатское»: 268 тыс. т запасов олова;

3) месторождение олова «Тирехтях»: 68 тыс. т запасов олова;

4) месторождения редкоземельных металлов и золота Куларского района: 12,9 тыс. т – редкоземельные металлы, 102 т – золото.

При этом планируется строительство дороги круглогодичного использования с твердым покрытием от п. Усть-Куйга до Найбы, ЛЭП (и подстанции) до месторождений и поселков Депутатское, Тирехтях и Казачье, аэропорта, социальных объектов и др.

В целом на арктических территориях Республики Саха (Якутия) и Чукотского Автономного округа число крупных реализуемых и заявленных к реализации проектов в сфере добычи полезных ископаемых невелико, этот процесс сдерживается недостаточной геологоразведочной изученностью запасов и условий эксплуатации месторождений, что замедляет процесс вовлечения в пространственное развитие арктических территорий и использование его ресурсного потенциала. Но, с другой стороны, является наиболее перспективным для развития АЗ СВ РФ направлением в свете интенсивного расширения географии освоения полезных ископаемых на данной территории.

Выводы

Расселение Арктической зоны Северо-Востока России (территории Якутии и Чукотки) происходило по бассейновому принципу. Населенные пункты, в том числе КМНС, располагаются по берегам сибирских рек Анабара, Лены, Яна, Индигирки, Колымы. В настоящее время пространственная организация Арктической зоны СВРФ состоит из системы разноуровневых опорных пунктов, улусных центров и морских портов.

Таким образом, в условиях климатического перехода, в свете приоритетного развития Северного морского пути для Российской Федерации, в условиях угрозы осложнения использования традиционных сезонных транспортных связей из «материка», необходимо создавать новые подходы от морских портов СМП до Арктических поселений и месторождений полезных ископаемых.

В этой связи, в ближайшие годы, только полное развертывание Северного морского пути, строительство новых подходов с северных морских портов к опорным населенным пунктам и месторождениям полезных ископаемых Арктической зоны СВРФ могут стать главной транспортной артерией в Арктике и дадут мультипликативный эффект для всей страны (рис. 5).

В транспортный каркас будут входить судоходные реки, автомобильные подходы к центрам СМП (по возможности автозимники и с твердым покрытием) и альтернативные транспортные системы (магнитолевитационные и струнные эстакадные технологии [19].

Литература

1. Изменение климата в Российской Арктике: риски и новые возможности: монография / Анисимов О.А., Бадина С.В., Белолуцкая М.А. [и др.]. М.: ФГБУ «Государственный гидрологический институт», Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. URL: https://permafrost.su/sites/default/files/SKOLKOVO_EneC_RU_ClimateArktika.pdf. 2022, С. 8-10

2. Системные и современные проблемы, риски, возможности экономического развития российской Арктики : Монография / Бажутова Е.А., Дягилева Е.В., Корчак Е.А. [и др.] под научной редакцией Т.П. Скуфьиной, Н.А. Серовой. Апатиты : Изд-во Кольского научного центра, 2024, С. 4-60

3. *Сарварова Р.Р.* Устойчивое развитие арктической зоны Российской Федерации в современных реалиях / Р.Р. Сарварова, А.Л. Путинцев // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 4 (69). С. 256–265.

4. *Кондратьев В.Б.* Минеральные ресурсы и будущее Арктики / В.Б. Кондратьев // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 87–96.

5. Константинова Т.Н. Родовые общины Южной Якутии в условиях промышленного освоения / Т.Н. Константинова // Арктика и Север. 2011. № 4.

6. *Неустроева А.Б.* Проблемы современных коренных малочисленных народов Севера / А.Б. Неустроева, И.В. Самсонова // Социологические исследования. 2022. № 7. С. 88–96.

7. *Жеурова Е.Г.* Формирование механизма недропользования в Арктической зоне / Жеурова Е.Г., Киселица Е.П., Лиман И.А. // Сбережение коренного населения в Арктической зоне РФ в условиях трансформации образа жизни и изменения климата : Сборник трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 24–25 мая 2018 г., Северодвинск, Архангельск. Архангельск : КИРА, 2018. 183 с

8. Сахамин Афанасьев: вопрос транспортно-логистической инфраструктуры северного завоза в части автозимников требует отдельного внимания // Ulus.Media. 21.02.2024. URL: https://clck.ru/3Tzyn4 (дата обращения 05.06.2026).

9. *Ли Ю.* Виновато глобальное потепление / Юлия Ли. // ВСП. RU. 01.11.2013. URL: https://www.vsp.ru/2013/11/01/vinovato-globalnoe-poteplenie/ (дата обращения 05.06.2026).

10. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (с изм. и доп.) (https://base.garant.ru/74810556).

11. В Китае готовы вместе с Россией развивать инфраструктуру Северного морского пути / ТАСС (https://tass.ru/ekonomika/25057621).

12. Богатства Арктики // Центральное диспетчерское управление ТЭКа (https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2023/6/1152).

13. *Шубенков М.В.* Проблемы развития межагломерационных территорий и их решения / М.В. Шубенков, Д.Р. Пекшин // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. | 2021. № 3. – С. 10.

14. Инвестиционный проект «Строительство глубоководного морского порта Найба в бухте Тикси» / Официальный сайт компании ИНВЕСТ ЯКУТИЯ. 2024; Морские ворота в арктическую Якутию: порт Найба и развитие АЗРФ / Arctic Russia : Инвестиционный портал Арктической зоны России. 26 сентября 2024 (https://clck.ru/3Tzvnd).

15. *Егорова Т.П.* Стратегия пространственного развития внутреннего водного транспорта Республики Саха (Якутия) в современных условиях / Т.П. Егорова, А.М. Делахова. DOI: 10.7256/2454-0668.2021.6.37073 // Национальная безопасность. 2021. № 6. С. 43–58. URL: https://clck.ru/3TzzYv (дата обращения 05.06.2026).

16. Татевосян А.Г. Современные технологии в архитектуре Арктики / А.Г. Татевосян. DOI: 10.51635/2713151_2023_15_1_4 // Актуальные исследования. 2023. № 5. URL: https://apni.ru/article/5986-sovremennie-tekhnologii-v-arkhitekture-arktik (дата обращения 05.06.2026).

17. Концепция модульной архитектуры для Арктической зоны Российской Федерации // Официальный сайт СПбИСИ. 31 Июля 2025. URL: https://clck.ru/3U227d (дата обращения 05.06.2026).
18. Чайка Е.А. Система опорных пунктов в расселении северных и арктических территорий России : дисс. на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Е.А. Чайка. Москва : МАРХИ, 2024. С. 401.
19. Осьминина Т.С. Подходы к проектированию инженерно-транспортных систем арктических регионов / Т.С. Осьминина. DOI: 10.24412/1998-4839-2025-1-262-275. EDN: SMCZZN // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 1 (70). С. 262–275. URL: https://marhi.ru/AMIT/2025/1kvart25/PDF/15_osminina.pdf (дата обращения 05.06.2026).

Sustainable Spatial Development of the Arctic Zone of the North-East of the Russian Federation: Urban Planning Strategies in the Context of Climate Transition and Expansion of the Northern Sea Route

Alekseev N.N.
Ammosov North-Eastern Federal University
JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses the spatial organization of the Arctic zone of the North-East of Russia (the territory of Yakutia and Chukotka) and in the context of climate change. The emphasis is placed on the transformation of the transport system of the main life-supporting sector of the economy - on the "northern delivery", the delivery of essential goods to the Arctic settlements, in the context of the climatic transition and the priority development of the Northern Sea Route (NSR). The need for the formation of a new transport framework that unites the seaports of the Northern Sea Route, supporting settlements and mineral deposits is substantiated. It is proposed to include navigable rivers, road approaches (including winter roads and paved roads) in the structure of the framework, which provide a potential multiplier effect for the country's economy by increasing transport connectivity, reliability of supplies (in particular, food) and sustainable development of the Arctic zone of the Northeast of Russia.
Keywords: Arctic zone, Nor th-East of Russia, Yakutia, Chukotka, northern delivery, strong points, Northern Sea Route, transport system, climate transition, Indigenous peoples of the North, transport frame, winter roads, alternative transport technologies.

References

1. Climate Change in the Russian Arctic: Risks and New Opportunities: Monograph / Anisimov O.A., Badina S.V., Belolutskaya M.A. [et al.]. Moscow: State Hydrological Institute; Energy Centre of the Moscow School of Management SKOLKOVO. URL: https://permafrost.su/sites/default/files/SKOLKOVO_EneC_RU_ClimateArktika.pdf. 2022, pp. 8–10.
2. Systemic and Contemporary Problems, Risks, and Opportunities for the Economic Development of the Russian Arctic: Monograph / Bazhutova E.A., Dyagileva E.V., Korchak E.A. [et al.]; scientific editors: T.P. Skufina, N.A. Serova. Apatity: Kola Science Centre Publishing House, 2024, pp. 4–60.
3. Sarvarova R.R. Sustainable Development of the Arctic Zone of the Russian Federation in Current Realities / R.R. Sarvarova, A.L. Putintsev // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. No. 4 (69). pp. 256–265.
4. Kondratyev V.B. Mineral Resources and the Future of the Arctic / V.B. Kondratyev // Mining Industry. 2020. No. 1. pp. 87–96.
5. Konstantinova T.N. Clan Communities of Southern Yakutia Amidst Industrial Development / T.N. Konstantinova // Arctic and North. 2011. No. 4.
6. Neustroeva A.B. Problems Facing Modern Indigenous Small-Numbered Peoples of the North / A.B. Neustroeva, I.V., Samsonova, I.V. // Sociological Studies (Sotsiologicheskie issledovaniya). 2022. No. 7. pp. 88–96.
7. Zheurova, E.G. Formation of a Subsoil Use Mechanism in the Arctic Zone / E.G. Zheurova, E.P. Kiselitsa, I.A. Liman // Preservation of the Indigenous Population in the Arctic Zone of the Russian Federation Amidst Lifestyle Transformations and Climate Change: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, May 24–25, 2018, Severodvinsk, Arkhangelsk. Arkhangelsk: KIRA, 2018. 183 p.
8. Sakhamin Afanasyev: The Issue of Transport and Logistics Infrastructure for Northern Supply Deliveries—Specifically Regarding Winter Roads—Requires Special Attention // Ulus.Media. Feb. 21, 2024. URL: https://clck.ru/3Tzyn4 (accessed June 5, 2026).
9. Li, Yulia. Global Warming Is to Blame / Yulia Li // VSP.RU. Nov. 1, 2013. URL: https://www.vsp.ru/2013/11/01/vinovato-globalnoe-poteplenie/ (accessed June 5, 2026).
10. Decree of the President of the Russian Federation No. 645 dated October 26, 2020, "On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period up to 2035" (as amended and supplemented) (https://base.garant.ru/74810556). 11. China is prepared to work with Russia to develop the infrastructure of the Northern Sea Route / TASS (https://tass.ru/ekonomika/25057621).
12. The Wealth of the Arctic // Central Dispatching Department of the Fuel and Energy Complex (https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2023/6/1152).
13. Shubenkov M.V. Challenges in the Development of Inter-agglomeration Territories and Potential Solutions / M.V. Shubenkov, D.R. Pekshin // Academic Bulletin of URALNIIPROEKT RAASN. 2021. No. 3. – p. 10.
14. Investment Project: "Construction of the Naiba Deep-Water Seaport in Tiksi Bay" / Official website of the company INVEST YAKUTIA. 2024; A Maritime Gateway to Arctic Yakutia: The Port of Naiba and the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF) / Arctic Russia: Investment Portal of the Arctic Zone of Russia. September 26, 2024 (https://clck.ru/3Tzvnd).
15. Egorova T.P. Strategy for the Spatial Development of Inland Water Transport in the Republic of Sakha (Yakutia) Under Current Conditions / T.P. Egorova, A.M. Delakhova. DOI: 10.7256/2454-0668.2021.6.37073 // National Security. 2021. No. 6. pp. 43–58. URL: https://clck.ru/3TzzYv (accessed June 5, 2026).
16. Tatevosyan A.G. Modern Technologies in Arctic Architecture / A.G. Tatevosyan. DOI: 10.51635/2713151_2023_15_1_4 // Current Research (Aktualnye issledovaniya). 2023. No. 5. URL: https://apni.ru/article/5986-sovremennie-tekhnologii-v-arkhitekture-arktik (accessed June 5, 2026).
17. Concept of Modular Architecture for the Arctic Zone of the Russian Federation // Official website of SPbISI. July 31, 2025. URL: https://clck.ru/3U227d (accessed June 5, 2026).
18. Chaika E.A. A System of Hubs for the Settlement of Russia's Northern and Arctic Territories : Dissertation for the degree of Candidate of Architecture / E.A. Chaika. Moscow : MARCHI, 2024. P. 401.
19. Osminina T.S. Approaches to the Design of Engineering and Transport Systems in Arctic Regions / T.S. Osminina. DOI: 10.24412/1998-4839-2025-1-262-275. EDN: SMCZZN // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. No. 1 (70). pp. 262–275. URL: https://marhi.ru/AMIT/2025/1kvart25/PDF/15_osminina.pdf (accessed June 5, 2026).

Технология производства бетона из переработанных бетонных заполнителей и их механические свойства

Аль-Ашмори Ахмед Мутахар Салех
аспирант, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Ahmdalashmwry015@gmail.com,

Абу махади Мохаммед Ибрагим
кандидат технических наук, доцент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, abu-makhadi-mi@rudn.ru

В статье рассмотрены современные технологии производства бетона с использованием переработанных бетонных заполнителей (вторичного щебня) и их влияние на механические свойства композита. Проанализированы результаты экспериментальных исследований отечественных и зарубежных авторов, показывающие, что при рациональной технологии дробления и подборе состава бетон на вторичном заполнителе может достигать прочности, сопоставимой с бетоном на природном щебне. Показано, что применение переработанных заполнителей позволяет снизить энергозатраты на производство на 85% и себестоимость бетона на 25%, обеспечивая при этом экологический эффект за счет сокращения потребления природных ресурсов и уменьшения объемов строительных отходов. Установлено, что оптимизация технологии обработки вторичного заполнителя, включая многостадийное дробление и применение химических добавок, позволяет минимизировать негативное влияние остаточного цементного камня и получить бетоны классов до В22,5-В25 с содержанием вторичного заполнителя до 60-100%.
Ключевые слова: вторичный щебень, бетонный лом, переработанные бетонные заполнители, прочность при сжатии, рециклинг, технология производства бетона.

Введение

Ежегодный объем строительных отходов в крупных городах достигает сотен тысяч тонн, создавая серьезные экологические и экономические проблемы. Вовлечение в производственный оборот бетонного лома и некондиционных железобетонных изделий является одним из важнейших резервов экономии материальных и энергетических ресурсов в строительной индустрии.

Переработка бетонного лома позволяет не только сократить площади полигонов для захоронения отходов, но и снизить нагрузку на природные ресурсы за счет уменьшения добычи природного щебня. Согласно данным исследований, энергозатраты на получение вторичного щебня в 8 раз ниже по сравнению с добычей природного материала, а себестоимость бетона на переработанном заполнителе снижается на 25% [16].

Научная значимость

Научная значимость представленного исследования заключается в систематизации и обобщении разрозненных экспериментальных данных о влиянии переработанных бетонных заполнителей на механические свойства бетона, что позволяет сформировать целостное научное представление о закономерностях структурообразования композита с вторичным сырьем. В работе развивается теоретическое положение о том, что наличие остаточного цементного камня на поверхности зерен вторичного заполнителя, вопреки традиционным представлениям, может выступать не только как дефектный фактор, но и как активный компонент, участвующий в гидратационных процессах и повышающий адгезию в переходной зоне благодаря повышенной пористости и химической активности поверхности. Существенный вклад вносит обоснование рациональных технологических параметров получения и применения вторичного заполнителя, включая многостадийное дробление, термомеханическую обработку и использование расширяющих добавок, что подтверждается математическими моделями, полученными методами факторного эксперимента. Кроме того, в статье предложены критерии оценки конструкционного качества заполнителей на основе энергетических и деформационных параметров механики разрушения, что позволяет прогнозировать трещиностойкость и долговечность бетонов с переработанными заполнителями на стадии проектирования состава.

Таким образом, полученные результаты расширяют теоретическую базу материаловедения композиционных строительных материалов и создают научную основу для разработки нормативных документов, регламентирующих применение переработанных бетонных заполнителей в конструкционных бетонах.

Практическая значимость исследования заключается в разработке научно-обоснованных рекомендаций по применению переработанных бетонных заполнителей в производстве конструкционных бетонов, позволяющих:

1. снизить себестоимость бетона на 25 % и уменьшить энергозатраты до 85 % по сравнению с производством на природном щебне за счет вовлечения в оборот техногенных отходов;
2. получать бетоны классов до В22,5-В25 с содержанием вторичного заполнителя до 60–100 % при использовании многостадийного дробления по «мягкому» режиму и модифицирующих добавок, что подтверждено экспериментальными исследованиями;
3. сократить площади полигонов для захоронения строительных отходов и снизить нагрузку на природные ресурсы за счет уменьшения добычи гранитного щебня, что особенно актуально для крупных городов с высоким объемом строительного лома;
4. оптимизировать состав бетонной смеси с использованием математического моделирования для прогнозирования прочности, усадки и трещиностойкости бетона на вторичном заполнителе;
5. внедрить практически безотходную технологию производства железобетонных конструкций, применимую в дорожном строительстве, устройстве оснований и фундаментов, а также при ремонте тоннелей и подземных сооружений.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является систематизация и обобщение экспериментальных данных отечественных и зарубежных авторов по технологии производства бетона с использованием переработанных бетонных заполнителей для установления закономерностей влияния технологических факторов (способа дробления, содержания вторичного заполнителя, водоцементного отношения, применения химических добавок) на физико-механические свойства бетонного композита, а также обоснование рациональных параметров технологии получения и применения вторичного щебня из бетонного лома для обеспечения требуемых прочностных и эксплуатационных характеристик конструкционных бетонов.

Основной проблемой применения переработанных бетонных заполнителей является наличие на поверхности зерен остаточного цементного рас-

твора, который характеризуется повышенной пористостью, водопоглощением и более низкой прочностью по сравнению с природным заполнителем. В связи с этим разработка эффективных технологий обработки вторичного заполнителя и оптимизация составов бетона с его использованием представляет актуальную научно-техническую задачу.

Процесс получения вторичного щебня из бетонного лома включает несколько последовательных стадий: сортировку и очистку исходного материала от посторонних примесей, магнитную сепарацию для извлечения арматуры, дробление, рассев на фракции [5].

Основная часть

Проблематика применения переработанных бетонных заполнителей в производстве конструкционных бетонов активно исследуется как отечественными, так и зарубежными учеными. Среди зарубежных исследователей следует отметить работы Kh. Kh. Kamilova, F. O. Sabirova, D. R. U. Abdazova, S. I. Turakhanova , которые изучают механическое наследование и минералогические характеристики переработанных бетонных заполнителей, полученных из демонтированного бетона, с акцентом на влияние остаточного цементного раствора на дробимость и фазовый состав материала [18].

Г. Кюлекчи, М. Чуллу и А. О. Йилмаз исследуют механические свойства торкрет-бетона с регенерированным заполнителем из строительных отходов, включая прочностные испытания цилиндрических образцов и плит с полимерными волокнами, а также влияние регенерированных заполнителей на ударную вязкость и энергопоглощающую способность бетона [10].

Международная группа исследователей под руководством M. Hematibahara, A. Esparhama и N. I. Vatina изучает влияние различных добавок, включая желатиновый порошок, миндальную скорлупу и переработанные заполнители, на химические и механические свойства обычного бетона с применением современных методов микроструктурного анализа (SEM и EDXS) [17].

В России значительный вклад в исследование данной темы внес А. Ф. К. Аль-Хаваф [2,3], который изучает современную технологию производства бетона с добавлением крупного заполнителя из бетонного боя для изготовления несущих железобетонных конструкций и анализирует физико-механические свойства бетонов, содержащих различное количество вторичного заполнителя.

С. А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова и М. И. Гишлакаева занимаются вопросами формирования структуры и свойств бетонов на заполнителе из бетонного лома [13].

И. О. Егорочкина, И. А. Серебряная, А. А. Сукиасян и А. К. Тупчиев разрабатывают методы оптимизации состава модифицированного бетона на основе заполнителей из дробленого бетона с использованием расширяющих добавок сульфоалюминатного типа и математического моделирования [6].

Т. П. Киценко и Д. С. Омельянович исследуют использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах, обосновывая возможность применения вторичного щебня для получения бетонов классов до В22,5 с заменой природного заполнителя до 60 % [7].

О. Ламжав проводит исследования свойств вторичного заполнителя и бетона, изготовленного из бетонного лома, изучая влияние вторичного заполнителя на процесс гидратации цементного камня с использованием рентгенофазового анализа и математического моделирования [11].

Н. И. Макридин, О. В. Тараканов, И. Н. Максимова и Ю. В. Полубарова рассматривают параметры конструкционной прочности горных пород, используемых в качестве заполнителей для бетонов, с позиций механики разрушения, предлагая критерии оценки трещиностойкости и долговечности бетонных композитов [12].

Коллектив авторов под руководством Н. В. Кузнецовой, А. Д. Селезнева, И. А. Селезневой, Б. Б. Кульшарова и М. В. Акуловой также вносит вклад в развитие теоретических и практических аспектов применения переработанных заполнителей. Таким образом, междисциплинарные исследования российских и зарубежных ученых формируют комплексную научную базу для внедрения технологий рециклинга бетонного лома в строительную индустрию [8, 9].

Исследования показывают, что качество вторичного заполнителя существенно зависит от технологии дробления. В работах установлено, что применение многостадийного дробления по "мягкому" режиму позволяет разрушать преимущественно малопрочную растворную составляющую бетона, повышая тем самым прочность получаемого щебня. При дроблении бетонного лома прочностью 25-40 МПа с трехкратным пропуском через щековую дробилку по «мягкому» режиму удается получить вторичный щебень марки по дробимости М800 с водопоглощением 8,6% [14, 16].

Как мы отмечали ранее, бетон на переработанных заполнителях, несмотря на снижение прочности до 19,5 % при полной замене, остается пригодным для строительного применения [1].

Важным аспектом технологии является контроль зернового состава получаемого заполнителя. Согласно ГОСТ Р 72255-2025, вторичный щебень может выпускаться в виде фракций от 5 до 10 мм, от 10 до 20 мм, от 20 до 40 мм, а также смесей фракций. Результаты просеивания показывают, что зерновой состав крупного вторичного заполнителя соответствует требованиям, предъявляемым к крупному заполнителю тяжелого бетона [4, 5].

Современные исследования демонстрируют эффективность применения термической и химической обработки для повышения качества вторичного заполнителя. Интегрированная термомеханическая обработка при 250°C в течение 90 минут позволяет получить высококачественный RCA, а бетон на 100% таком заполнителе может иметь прочность на сжатие на 1,7% выше, чем у бетона на природном заполнителе. Комплексное применение термомеханической обработки с гибридными пуццолановыми материалами также показывает многообещающие результаты [18].

Характерной особенностью заполнителей из дробленого бетона является наличие на зернах исходных заполнителей остатков раствора, что определяет их физико-механические характеристики. В сравнении с природными заполнителями, вторичный щебень имеет более высокую пористость, меньше плотность и повышенное водопоглощение.

Свойства вторичного заполнителя зависят от прочности исходного бетона. При дроблении бетона на стандартном гранитном и известняковом щебне рядовых марок (М150-М300) получается заполнитель, который по основным физико-механическим показателям сопоставим с природным [15].

Максимально допустимое содержание заполнителя из бетонного лома в составе крупного заполнителя определяется требованиями к прочности конечного бетона. Исследования показывают, что при содержании вторичного заполнителя до 60% возможно получение бетона класса В22,5 при использовании заполнителя марки по дробимости М600 [17].

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что прочность бетона с использованием вторичного заполнителя зависит от ряда факторов: содержания переработанного заполнителя, технологии дробления, водоцементного отношения и условий твердения.

В исследовании установлено, что бетон на вторичном щебне из бетонного лома прочностью 25-40 МПа после тепловлажностной обработки имеет прочность, близкую к бетону на гранитном заполнителе, при условии корректировки расхода воды с учетом повышенного водопоглощения вторичного заполнителя [18].

Согласно работам, бетоны, полученные на вторичном заполнителе, могут быть использованы при изготовлении различных бетонных и железобетонных конструкций. При этом важным условием является учет повышенного водопоглощения вторичного заполнителя при проектировании состава бетонной смеси.

В исследованиях Киценко и Омельянович установлено, что введение бетонного лома трехстадийного дробления взамен гранитного щебня незначительно снижает прочность бетона. Увеличение содержания бетонного лома до 60% приводит к потере прочности при сжатии до 15%. При этом прочностные показатели бетонов с вторичным заполнителем соизмеримы с традиционными бетонами на гранитном щебне [7].

Ламжав О. отмечает, что физико-механические свойства бетонных образцов на заполнителе из бетонного лома близки со свойствами бетона на щебне из природного материала. Это объясняется тем, что на зернах вторичного щебня присутствуют оставшиеся частицы цемента и раствора, структура которых становится более пористой в результате механической деструкции при дроблении. Водопоглощение такого щебня достигает 6-8%, что приводит к увеличению адгезии вторичного заполнителя с другими компонентами и уплотнению структуры бетона [11].

Аль-Хаваф А.Ф. в своем исследовании анализирует влияние содержания крупного заполнителя из бетонного боя на несущую способность железобетонных элементов. Метод эквивалентной эффективной воды (предварительное насыщение заполнителя) и метод эквивалентной общей воды демонстрируют различное влияние на соотношение между прочностями бетонов из природного и переработанного заполнителя [2].

Егорочкина И.О. с соавторами изучает оптимизацию состава модифицированного бетона на основе заполнителей из дробленого бетона с использованием расширяющей добавки сульфоалюминатного типа [6]. Методами математического моделирования установлены оптимальные пределы варьирования входных параметров, позволяющие получить бетоны с компенсированной усадкой и улучшенными эксплуатационными свойствами. Рекомендуемая концентрация расширяющей добавки составляет 8-12%, низкомодульных включений – не более 34-35% [17].

Современные исследования показывают, что применение различных методов обработки вторичного заполнителя позволяет существенно улучшить его качество и, как следствие, свойства бетона на его основе [19, 20].

Термическая обработка при температуре 250°C в сочетании с механической обработкой позволяет получить вторичный заполнитель, обеспечивающий прочность бетона на уровне природного аналога. Комбинированная термомеханическая обработка с последующим применением гибридных вяжущих материалов позволяет достичь 90-дневной прочности на 5,5% выше контрольного состава.

Эффективными методами улучшения свойств вторичного заполнителя являются также карбонизация, обработка силикагелем и биоосаждение. Согласно обзорным данным, применение этих методов позволяет повысить прочность на сжатие до 42% и снизить водопоглощение на 27%. Бетон из обработанного вторичного заполнителя может достигать 87% прочности бетона на природном заполнителе [19].

Применение переработанных бетонных заполнителей обеспечивает существенный экономический и экологический эффект. Снижение энергопотребления достигает 85%, а выбросы CO2 сокращаются на 90% по сравнению с производством природного щебня [19].

Современные исследования подтверждают, что переработка и повторное использование отходов бетонного лома позволяет решить несколько проблем одновременно: экономия природных ресурсов, уменьшение площадей для хранения отходов и снижение нагрузки на окружающую среду [16].

Вовлечение в сферу производства отходов в виде некондиционного бетона и железобетона является одним из резервов материальных и энергетических ресурсов в области строительной индустрии. Расширение объема применения вторичного заполнителя из бетонного лома позволит сократить добычу природных заполнителей и снизить ущерб, наносимый природному ландшафту при разработке месторождений.

Выводы

Технология получения переработанных бетонных заполнителей требует многостадийного дробления для минимизации содержания остаточного цементного камня на поверхности зерен. Применение «мягкого» режима дробления позволяет получить вторичный щебень марки по дробимости М800.

Основными факторами, влияющими на механические свойства бетона с вторичным заполнителем, являются: содержание переработанного заполнителя, технология его получения, водоцементное отношение и применение химических добавок.

Бетоны с содержанием вторичного заполнителя до 60% могут достигать класса В22,5 при использовании заполнителя марки по дробимости М600. Применение методов обработки вторичного заполнителя (термической, химической) и модифицирующих добавок позволяет получать бетоны на 100% вторичном заполнителе, по прочности сопоставимые с бетонами на природном щебне.

Применение переработанных бетонных заполнителей обеспечивает снижение энергозатрат до 85%, сокращение выбросов CO2 до 90% и уменьшение себестоимости бетона на 25%, что делает данное направление экономически и экологически целесообразным.

Таким образом, на основе проведенного анализа литературных данных можно заключить, что применение переработанных бетонных заполнителей является экономически и экологически обоснованным направлением развития строительной индустрии, позволяющим снизить энергозатраты до 85%, сократить выбросы CO_2 до 90% и уменьшить себестоимость бетона на 25%. Установлено, что использование многостадийного дробления по «мягкому» режиму, предварительного насыщения заполнителя и модифицирующих добавок сульфоалюминатного типа позволяет получать вторичный щебень марки по дробимости М800 и бетоны классов до В22,5-В25 с содержанием переработанного заполнителя до 60-100%. При этом физико-механические свойства бетонов на вторичном заполнителе соизмеримы с традиционными бетонами на гранитном щебне, а наличие остаточного цементного камня на поверхности зерен, вопреки распространенному мнению, может способствовать повышению адгезии и уплотнению структуры материала. Дальнейшие исследования целесообразно направлять на совершенствование технологий обработки вторичного заполнителя, разработку нормативной базы и создание систем автоматизированного проектирования составов бетона с учетом свойств переработанных заполнителей для обеспечения надежности и долговечности железобетонных конструкций.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование технологий обработки вторичного заполнителя, разработку нормативных документов для регламентации его применения в конструкционных бетонах и создание систем автоматизированного проектирования составов бетона с учетом свойств переработанных заполнителей.

Литература

1. Аль-Ашмори, А. М. С. Технология производства бетона из переработанных бетонных заполнителей / А. М. С. Аль-Ашмори, М. М. И. Абу // Экономика строительства. – 2025. – № 8. – С. 518-520. – EDN WHTVSN.
2. Аль-Хаваф, А. Ф. К. Аналитический обзор физико-механических свойств бетонов, содержащих Крупный заполнитель из бетонного боя / А. Ф. К. Аль-Хаваф // Образование. Наука. Производство : Материалы X Международного молодежного форума с международным участием, Белгород, 01–15 октября 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 658-662. – EDN BVMPST.
3. Аль-Хаваф, А. Ф. К. Современная технология производства бетона с добавлением крупного заполнителя из бетонного боя для изготовления несущих железобетонных конструкций / А. Ф. К. Аль-Хаваф, А. И. Никулин // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее : Сборник научных статей Всероссийской научной конференции. В 4-х томах, Курск, 17–18 октября 2018 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 220-224. – EDN YNGVJR.
4. ГОСТ Р 72255-2025. Отходы строительных материалов, образующиеся при сносе зданий. Щебень и песок вторичные из дробленого бетона и железобетона. Общие требования. – Введ. 2026–06–01. – URL: https://cn.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=8135379 (дата обращения: 04.09.2026).
5. ГОСТ Р 72255-2025. Отходы строительных материалов, образующиеся при сносе зданий. Щебень и песок вторичные из дробленого бетона и железобетона. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 сентября 2025 г. № 978-ст : дата введения 2026-06-01. – М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2025. – 12 с. – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm_update_01122025/gost-r_gosudarstvennyj-standart/0/gost_r_72255-2025_natsionalnyy_standart_rossiyskoy.html (дата обращения: 04.09.2026).
6. Егорочкина, И. О. Оптимизация состава модифицированного бетона на основе заполнителей из бетонного лома / И. О. Егорочкина, И. А. Серебряная, А. А. Сукиасян, А. К. Тупчиев // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 9(69). – С. 237-245. – EDN LMDXJE.
7. Киценко, Т. П. Использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах / Т. П. Киценко, Д. С. Омельянович // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – № 1(141). – С. 99-103. – EDN USXPJM.
8. Кузнецова, Н. В. Планирование экспериментальных исследований физико-механических свойств мелкозернистых бетонов с заполнителем из стеклобоя / Н. В. Кузнецова, А. Д. Селезнев, И. А. Селезнева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : Материалы 4-й Международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета, Тамбов, 15–16 июня 2017 года. – Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2017. – С. 269-271. – EDN ZNDLST.
9. Кульшаров, Б. Б. Влияние степени измельчения заполнителя из отходов кукурузы на Физико-механические свойства шлакощелочного легкого бетона / Б. Б. Кульшаров, М. В. Акулова // Актуальные экологические проблемы современных городов : сборник материалов II национальной научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 18 декабря 2024 года. – Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2025. – С. 89-92. – EDN EDWRXV.
10. Кюлекчи, Г. Механические свойства торкрет-бетона с регенерированным заполнителем из строительных отходов / Г. Кюлекчи, М. Чуллу, А. О. Йилмаз // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2023. – № 3. – С. 34-47. – DOI 10.15372/FTPRPI20230304. – EDN TSSCVC.
11. Ламжав, О. Исследование свойств вторичного заполнителя и бетона, изготовленного из бетонного лома / О. Ламжав // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке : Сборник статей по материалам VIII международной научно-практической конференции, Новосибирск, 13–22 декабря 2017 года. Том 8(8). – Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2017. – С. 71-77. – EDN YPXGZO.
12. Макридин, Н. И. Сравнительная оценка физико-механических свойств горных пород при выборе заполнителей бетона / Н. И. Макридин, О. В. Тараканов, И. Н. Максимова, Ю. В. Полубарова // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2018. – № 21. – С. 215-218. – EDN YXHTXC.
13. Муртазаев, С. А. Ю. Формирование структуры и свойств бетонов на заполнителе из бетонного лома / С. А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, М. И. Гишлакаева // Бетон и железобетон. – 2008. – № 5. – С. 25-28. – EDN JUVXVP.
14. Тагоев Х. У. Определение прочностных и деформативных параметров тяжелых бетонов на крупных заполнителях из боя кирпича // Вопросы науки и образования. – 2017. – № 8 (9). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-prochnostnyh-i-deformativnyh-parametrov-tyazhelyh-betonov-na-krupnyh-zapolnitelyah-iz-boya-kirpicha (дата обращения: 04.09.2026).
15. Терентьева, А. Ю. Исследование структуры и свойств малощебеночного бетона на заполнителе из бетонного лома / А. Ю. Терентьева // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры, Москва, 13–17 марта 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 998-999. – EDN YTQVAT.
16. Шевченко В. А., Шатрова С. А. Исследование возможности получения заполнителя для бетонов из бетонного лома // Эпоха науки. – 2017. – № 9. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-polucheniya-zapolnitelya-dlya-betonov-iz-betonnogo-loma (дата обращения: 04.09.2026).

17. Effect of gelatin powder, almond shell, and recycled aggregates on chemical and mechanical properties of conventional concrete / M. Hematibahar, A. Esparham, N. I. Vatin [et al.] // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. – 2023. – Vol. 19, No. 2. – P. 233-250. – DOI 10.22363/1815-5235-2023-19-2-233-250. – EDN DKBCLX.
18. Mechanical inheritance and mineralogical characteristics of recycled concrete aggregates derived from demolished concrete / Kh. Kh. Kamilov, F. O. Sabirov, D. R. U. Abdazov, S. I. Turakhanov // Universum: технические науки. – 2026. – No. 3-7(144). – P. 60-65. – EDN EOPJQL.
19. Neupane R. P., Devi N. R., Imjai T., Rajput A., Noguchi T. Cutting-edge techniques and environmental insights in recycled concrete aggregate production: A comprehensive review // Resources, Conservation & Recycling Advances. – 2025. – Vol. 25. – P. 200241. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667378924000403 (дата обращения: 04.09.2026).

20. Prasittisopin L., Tuvayanond W., Kang T. H. K., Kaewunruen S. Concrete Mix Design of Recycled Concrete Aggregate (RCA): Analysis of Review Papers, Characteristics, Research Trends, and Underexplored Topics // Resources. – 2025. – Vol. 14, no. 2. – Article 21. – DOI: 10.3390/resources14020021.

Technology for producing concrete from recycled concrete aggregates and their mechanical properties

Al-Ashmori Ahmed Mutahar Saleh, Abu Mahadi Mohammed Ibrahim
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines modern concrete production technologies using recycled concrete aggregates (recycled crushed stone) and their impact on the mechanical properties of the composite. The results of experimental studies by domestic and international researchers are analyzed, demonstrating that with appropriate crushing technology and composition selection, concrete using recycled aggregate can achieve strength comparable to concrete using natural crushed stone. It is shown that the use of recycled aggregates can reduce production energy costs by 85% and the cost of concrete by 25%, while providing environmental benefits by reducing the consumption of natural resources and the volume of construction waste. It has been established that optimization of recycled aggregate processing technology, including multi-stage crushing and the use of chemical additives, minimizes the negative impact of residual cement stone and allows the production of concrete grades up to B22.5-B25 with a recycled aggregate content of up to 60-100%.

Keywords: secondary crushed stone, concrete scrap, recycled concrete aggregates, compressive strength, recycling, concrete production technology.

References

1. Al-Ashmori, A. M. S., & Abu, M. M. I. (2025). Technology for producing concrete using recycled concrete aggregates. *Construction Economics*, (8), 518–520. EDN WHTVSN.
2. Al-Khawaf, A. F. K. (2018). Analytical review of the physical and mechanical properties of concrete containing coarse aggregate derived from crushed concrete. In *Education. Science. Production: Proceedings of the 10th International Youth Forum (with international participation)* (pp. 658–662). Belgorod: V. G. Shukhov Belgorod State Technological University. EDN BVMPST.
3. Al-Khawaf, A. F. K., & Nikulin, A. I. (2018). Modern technology for producing concrete with coarse aggregate from crushed concrete for use in load-bearing reinforced concrete structures. In A. A. Gorokhov (Ed.), *Problems and Prospects for Russia's Development: A Youth Perspective on the Future – Proceedings of the All-Russian Scientific Conference* (Vol. 3, pp. 220–224). Kursk: Southwest State University. EDN YNGVJR.
4. GOST R 72255-2025. Construction material waste generated during the demolition of buildings. Recycled crushed stone and sand derived from crushed concrete and reinforced concrete. General requirements. – Effective date: 2026–06–01. – URL: https://cn.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=8135379 (accessed: 04.09.2026).
5. GOST R 72255-2025. Construction material waste generated during the demolition of buildings. Recycled crushed stone and sand derived from crushed concrete and reinforced concrete. General requirements: National Standard of the Russian Federation: approved and enacted by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 1, 2025, No. 978-st: effective date: 2026-06-01. – Moscow: Federal State Budgetary Institution "Institute for Standardization," 2025. – 12 p. – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm_update_01122025/gost-r_gosudarstvennyj-standart/0/gost_r_72255-2025_natsionalnyy_standart_rossiyskoy.html (accessed: 04.09.2026).
6. Egorochkina, I. O. Optimization of the composition of modified concrete based on aggregates from concrete rubble / I. O. Egorochkina, I. A. Serebryanaya, A. A. Sukiasyan, A. K. Tupchiev // Engineering Bulletin of the Don. – 2020. – No. 9(69). – pp. 237–245. – EDN LMDXJE.
7. Kitsenko, T. P. Use of Coarse Aggregate Derived from Concrete Waste in Heavy-Weight Concrete / T. P. Kitsenko, D. S. Omelyanovich // Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. – 2020. – No. 1(141). – pp. 99–103. – EDN USXPJM.
8. Kuznetsova, N. V. Planning Experimental Studies on the Physico-Mechanical Properties of Fine-Grained Concrete Containing Crushed Glass Aggregate / N. V. Kuznetsova, A. D. Seleznev, I. A. Selezneva // Sustainable Regional Development: Architecture, Construction, Transport: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference of the Institute of Architecture, Construction and Transport at Tambov State Technical University, Tambov, June 15–16, 2017. – Tambov: R. V. Pershin Publishing, 2017. – pp. 269–271. – EDN ZNDLST.
9. Kulsharov, B. B. Influence of the Grinding Fineness of Corn-Waste-Derived Aggregate on the Physico-Mechanical Properties of Slag-Alkali Lightweight Concrete / B. B. Kulsharov, M. V. Akulova // Current Environmental Issues in Modern Cities: Proceedings of the 2nd National Scientific and Practical Conference with International Participation, Ivanovo, December 18, 2024. – Ivanovo: Ivanovo State Polytechnic University, 2025. – pp. 89–92. – EDN EDWRXV.
10. Külekçi, G. Mechanical properties of shotcrete with recycled aggregate derived from construction waste / G. Külekçi, M. Çullu, A. O. Yılmaz // Journal of Mining Science (Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh). – 2023. – No. 3. – pp. 34–47. – DOI 10.15372/FTPRPI20230304. – EDN TSSCVC.
11. Lamzhav, O. Investigation of the properties of recycled aggregate and concrete made from crushed concrete / O. Lamzhav // Experimental and Theoretical Research in Modern Science: Collection of articles from the VIII International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, December 13–22, 2017. Vol. 8(8). – Novosibirsk: Association of Researchers "Siberian Academic Book," 2017. – pp. 71–77. – EDN YPXGZO.
12. Makridin, N. I. Comparative assessment of the physical and mechanical properties of rocks for the selection of concrete aggregates / N. I. Makridin, O. V. Tarakanov, I. N. Maksimova, Yu. V. Polubarova // Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. – 2018. – No. 21. – pp. 215–218. – EDN YXHTXC. 13. Murtazaev, S. A. Yu., Salamanova, M. Sh., & Gishlakaeva, M. I. (2008). Formation of the structure and properties of concrete using recycled concrete aggregate. *Concrete and Reinforced Concrete*, (5), 25–28. EDN: JUVXVP.
14. Tagoev, Kh. U. (2017). Determination of strength and deformation parameters of heavy-weight concrete using coarse aggregate derived from crushed brick. *Issues of Science and Education*, (8(9)). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opredelen

Современные решения для повышения доступности объектов транспортной инфраструктуры маломобильным группам населения

Чистый Юрий Антонович
кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Здания и сооружения на транспорте», Российский университет транспорта (МИИТ), yura.chisty@yandex.ru,

Баданова Виолетта Геннадьевна
магистрант, Российский университет транспорта (МИИТ), kuzminavioletta1998@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные строительные и конструктивные решения, направленные на обеспечение беспрепятственного доступа маломобильных групп населения к объектам транспортной инфраструктуры. Подробно изучаются современные материалы и технологии, включая применение рельефно-тактильных покрытий нового поколения, интеграцию в строительные конструкции подъемных платформ вертикального и наклонного типа, а также устройство адаптивных систем навигации на этапе возведения зданий. Особое внимание уделено вопросам реконструкции исторических транспортных объектов, где применение стандартных решений часто невозможно. Предложен комплексный строительно-технологический подход, базирующийся на принципах универсального дизайна, который позволяет не только выполнить нормативные требования, но и создать по-настоящему комфортную и безопасную среду для всех категорий граждан.
Ключевые слова: доступность транспортной инфраструктуры, здания и сооружения на транспорте, люди с ограниченными возможностями, функциональная доступность, универсальный дизайн, аудит доступности, транспортная мобильность, управление инфраструктурой.

Введение

Современное строительство объектов транспортной инфраструктуры невозможно без комплексного решения задач по обеспечению их доступности для маломобильных групп населения (МГН). Существуют законы, нормы, правила и другие документы, учитывающие особенности проектирования зданий для МГН, которые необходимо использовать при разработке реальных проектов [3]. В зданиях и сооружениях должны быть обеспечены для МГН условия использования в полном объеме помещений для безопасного осуществления необходимой деятельности самостоятельно либо с помощью сопровождающего, а также для эвакуации в случае чрезвычайной ситуации [1]. Но несмотря на наличие развитой нормативной базы, на практике зачастую реализуются формальные, а иногда и технически неграмотные решения. Это особенно критично для объектов транспортной инфраструктуры - вокзалов, аэропортов, станций метрополитена, - где высокая интенсивность пассажиропотока сочетается с необходимостью быстрого и безопасного перемещения.

Барьеры транспортной инфраструктуры

Нормативные требования к входным группам транспортных сооружений регламентируют параметры беспрепятственного доступа для маломобильных групп населения. При необходимости ход должен быть оборудован лестницей, пандусом или другим устройством, обеспечивающим возможность подъема инвалидов и других МГН на уровень входа в здание, его первого этажа или лифтового холла [4]. В рамках модели «универсального дизайна» акцент перенесен с человека, которому необходимо подстраиваться под среду и преодолевать барьеры, на среду, которая сама должна стать более доступной и удобной для любого человека, с ней взаимодействующего, независимо от его потребностей [5]. Это требует комплексного подхода при проектировании входных зон, учитывающего разнообразие физических возможностей пользователей.

Организация навигационных маршрутов внутри транспортных сооружений часто не учитывает потребности лиц с опорно-двигательными нарушениями. Узкие коридоры, отсутствие тактильных указателей и недостаточная ширина зон ожидания создают трудности для самостоятельного перемещения. Особую проблему представляют сложные многоуровневые маршруты, вынуждающие делать длительные обходы для достижения цели. Такие планировочные решения существенно ограничивают мобильность пассажиров с инвалидностью. Недостатки навигационной инфраструктуры усугубляются отсутствием дублирующих информационных систем. Многие транспортные узлы не обеспечивают непрерывность доступных путей от входа до посадки. Это приводит к необходимости посторонней помощи, что нарушает принцип независимого передвижения. Системное решение требует интеграции архитектурных, технических и информационных компонентов для создания безбарьерной среды.

Вертикальное перемещение между уровнями зданий остаётся ключевой проблемой доступности. Многие транспортные сооружения оснащены лифтами, не соответствующими требованиям по габаритам кабины, расположению кнопок или дублированию информации. Эскалаторы не являются альтернативой для колясочников, что актуализирует внедрение подъёмных платформ и инклинометров. Отсутствие или нерабочее состояние подъёмного оборудования создаёт непреодолимые барьеры для маломобильных пассажиров.

Таблица 1
Ключевые аспекты доступности транспортных сооружений для МГН

Категория	Основные требования	Основные проблемы	Рекомендации
Входные группы	Ширина дверей, пандусы, безбарьерные входы	Узкие коридоры, высокие пороги	Универсальный дизайн, установка пандусов
Навигация	Тактильные указатели, дублирующая визуальная и звуковая информация	Отсутствие дублирующей информации, слабая видимость знаков	Интеграция систем навигации, использование контрастных цветов
Вертикальное перемещение	Лифты, подъёмные платформы, перила	Несоответствующее оборудование, ограниченная вместимость лифтов	Подъёмные платформы, регулярное обслуживание оборудования

Информационные устройства могут быть визуальными (зрительными), акустическими (звуковыми) и тактильными (осязаемыми). При использовании средств информации необходимо ориентироваться на задействование как минимум двух чувств из трех (слух, зрение, осязание). При этом следует учитывать, что для слабовидящих и незрячих людей в первую очередь важны акустические и тактильные, а не визуальные ориентиры [2].

Тактильные указатели на объектах транспортной инфраструктуры часто характеризуются недостаточной протяжённостью и прерывистостью размещения. Это создаёт трудности для слабовидящих пассажиров при самостоятельной навигации в зданиях вокзалов и аэропортов. Отсутствие стандартизации в расположении тактильных элементов снижает их информативность и предсказуемость использования. Контрастная маркировка ступеней и дверных проёмов не всегда соответствует требованиям по цветовому различию и яркости. Многие элементы визуальной навигации размещаются на высоте, неудобной для восприятия людьми с остаточным зрением. Недостаточное освещение информационных табло дополнительно усложняет их читаемость для данной категории пассажиров.

Трансляция голосовых объявлений редко дублируется текстовыми субтитрами на информационных экранах, что ограничивает доступность информации для глухих пассажиров. Индукционные петли, необходимые для передачи звука на слуховые аппараты, присутствуют лишь в ограниченных зонах транспортных объектов. Это создаёт неравный доступ к оперативной информации о расписании и изменениях маршрутов. Дефицит многоканальных систем коммуникации противоречит принципам универсального дизайна.

Таблица 2
Проблемы доступности транспортной инфраструктуры для пассажиров с особыми потребностями

Тип элемента	Основные проблемы	Влияние на пассажиров
Платформы	Отсутствие пандусов, высокая высота бордюров, недостаток тактильной плитки	Затруднённый подъём и спуск, риск падений для слабовидящих и инвалидов-колясочников
Транспортные средства	Отсутствие специальных мест, узкие проходы, сложность входа и выхода	Ограниченная мобильность, невозможность самостоятельно использовать транспорт
Информационные табло	Отсутствие звукового сопровождения, мелкий шрифт, недостаточная контрастность	Трудности в получении информации для слабовидящих и людей с нарушениями слуха
Станции и остановки	Недостаток места для маневра, отсутствие лифтов и тактильных указателей	Ограничение самостоятельного передвижения и повышение времени ожидания

Адаптивные решения и рекомендации

Модульные конструкции обладают значительным потенциалом для оперативной адаптации транспортной инфраструктуры под потребности маломобильных граждан. Их ключевое преимущество заключается в способности трансформировать пространство без капитальной реконструкции объектов. Использование модульных конструкций в архитектуре позволяет создавать здания из отдельных элементов или модулей, которые легко соединяются и демонтируются. Внедрение в процесс проектирования и строительства модульных конструкций помогает создавать более гибкие и адаптивные пространства, а также экономить время и средства на строительство [6]. Данные характеристики особенно важны при модернизации исторических зданий вокзалов и аэропортов, где радикальные изменения часто невозможны. Гибкость модульных систем позволяет поэтапно внедрять элементы доступности, оперативно реагируя на изменяющиеся нормативные требования и потребности пользователей. Возможность стандартизации компонентов упрощает их массовое производство и установку на различных объектах транспортной инфраструктуры. Это обеспечивает экономическую эффективность решений при сохранении индивидуального подхода к каждому узлу. Универсальность модулей способствует реализации принципов инклюзивного дизайна без ущерба для архитектурной целостности сооружений.

Практическое применение адаптивных решений демонстрируется через установку модульных пандусов и лифтовых систем, интегрируемых в существующие входные группы. Эти конструкции обеспечивают преодоление перепадов высот без масштабных строительных работ, сохраняя пропускную способность узлов. Например, телескопические трапы и раскладные платформы позволяют адаптировать перронные зоны под различные типы подвижного состава. Подобные решения обеспечивают независимый доступ пассажиров с ограниченной мобильностью к критически важным зонам вокзалов. Тактильные указатели и навигационные системы, выполненные по модульному принципу, упрощают ориентацию в пространстве для людей с нарушениями зрения. Стандартизированные тактильные плиты и звуковые информаторы могут комбинироваться в зависимости от конфигурации помещений, формируя единую систему навигации. Такая адаптивность особенно важна в транспортных узлах со сложной планировкой, где требуется обеспечение беспрепятственного движения по всем функциональным зонам. Системный подход к внедрению модульных элементов позволяет создавать комплексные решения, охватывающие все аспекты доступности.

Интеллектуальные технологии в решении проблемы доступности вокзалов

Искусственный интеллект способен кардинально изменить доступность вокзалов, превращая их из физических пространств с пандусами и тактильными плитками в адаптивную среду, которая подстраивается под индивидуальные потребности каждого пассажира в реальном времени.

Ниже представлен обзор ключевых технологий, сгруппированных по решаемым задачам и категориям МГН. Многие из этих решений уже проходят успешные пилотные испытания на реальных транспортных узлах.

Таблица 3
Основные типы модульных решений для транспортной инфраструктуры и их функции

Тип конструкции	Применение	Функция	Преимущества
Модульные пандусы	Входные группы	Преодоление перепадов высот	Быстрая установка, сохранение пропускной способности
Лифтовые системы	Входные группы	Обеспечение вертикальной мобильности	Адаптивность, экономия пространства
Телескопические трапы	Перронные зоны	Адаптация под разные типы подвижного состава	Универсальность, независимый доступ
Тактильные указатели	Навигация	Помощь людям с нарушениями зрения	Модульность, комбинируемость, инклюзивность

Таблица 4
Сводная таблица технологий

Технология	Применение	Группа МГН	Статус внедрения
Auracast	Прямая трансляция объявлений в слуховые аппараты и наушники	Слабослышащие	Действующий пилот (Bristol, Frankfurt)
AI-навигация	Приложение распознает таблички и номера платформ, подсказывая голосом путь	Незрячие, слабовидящие	Прототип/пилот (DB Systel, Германия)
Жестовые AI-аватары	Интерактивные киоски и табло, общающиеся на жестовом языке	Глухие	Коммерческое внедрение (Silvia в Сингапуре и ОАЭ)
AR-навигации	Виртуальные указатели и аватары, отображаемые на экране смартфона	Все категории	Прототип (ChapARone, Великобритания)
3D-туры	Виртуальное знакомство с инфраструктурой вокзала и поезда	Колясочники	Коммерческое внедрение (Lumo, Великобритания)
Мобильный AI-ассистент	Распознавание препятствий и построение маршрута через камеру смартфона	Незрячие, колясочники	Прототип (AccessMate)

Для комплексного решения доступности вокзала с использованием ИИ рекомендуется действовать в три этапа:

1. Аудио-доступность (базовый уровень) – установить Auracast-передатчики в зонах касс, залов ожидания и на платформах. Это немедленно повысит качество информирования для 15-20% пассажиров с проблемами слуха и создаст основу для тихого вокзала.

2. Визуальная и навигационная доступность(инклюзивный уровень) – внедрить цифровой двойник с атрибутами доступности. Запустить приложение на базе ИИ, которое использует камеру смартфона для распознавания указателей и препятствий, а также получает данные от Auracast и цифрового двойника для построения персонализированных маршрутов.

3. Интерактивная доступность – разместить на информационных стойках AI-аватары жестового языка для обслуживания глухих пассажиров. Разработать 3D-туры для сложных с точки зрения навигации вокзалов, чтобы пассажиры могли подготовиться к поездке заранее.

Современные технологии позволяют сделать здание доступным не только «на бумаге», но и в реальном пользовании, адаптируя информационную среду под каждого человека. И ключевым фактором успеха является не закупка отдельных гаджетов, а интеграция ИИ-решений в штатную инфраструктура здания.

Заключение

Обеспечение доступности объектов транспортной инфраструктуры для МГН перестает быть задачей чисто нормативного характера и превращается в комплексную инженерно-строительную проблему. Ее эффективное решение лежит в плоскости применения современных материалов и технологий, а также в интеграции принципов универсального дизайна на самых ранних этапах проектирования – от разработки архитектурной концепции до рабочей документации.

Для объектов реконструкции необходим индивидуальный, тщательно проработанный подход, учитывающий как строительные ограничения, так и требования по сохранению исторического наследия. Дальнейшие исследования должны быть направлены на корректировку существующих и разработку новых строительных норм, стимулирующих применение инновационных решений, и на создание типовых проектных решений для различных типов транспортных объектов.

Литература
1. СП 59.13330.2020 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001.
2. СП 136.13330.2012 Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения (с Изменением N 1).
3. Субботин, О. С. Особенности проектирования зданий для людей с ограниченными возможностями / О. С. Субботин, Ю. В. Столярова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 09 февраля 2016 года / Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. – Краснодар: ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2016. – С. 489-490. – EDN WCPFIR.
4. Мельникова, О. Г. Архитектурное проектирование объектов с учетом формирования безбарьерной среды : Учебное пособие / О. Г. Мельникова, А. С. Бельмакова. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2017. – 135 с. – ISBN 978-5-9948-2583-9. – EDN ZJPWRB.
5. Дзида Н.Н. Универсальный дизайн в системе международного образования // Grand Altai Research & Education. — 2025. — №23. — С. 60–64.
6. Пестрякова Э.Р., Хохлова В.В. Направления развития архитектурной организации центров психологической реабилитации // Проблемы архитектуры и градостроительства. — 2024. — №2. — С. 162–165.

Modern Solutions for Enhancing the Accessibility of Transport Infrastructure Facilities for People with Reduced Mobility

Chistyy Yu.A., Badanova V.G.
Russian University of Transport (MIIT)

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines current construction and design solutions aimed at ensuring barrier-free access to transport infrastructure facilities for people with reduced mobility. It explores modern materials and technologies in detail, including the use of next-generation tactile paving, the integration of vertical and inclined lifting platforms into building structures, and the implementation of adaptive navigation systems during the construction phase. Special attention is given to the reconstruction of historic transport facilities, where the application of standard solutions is often unfeasible. A comprehensive construction and technological approach—grounded in the principles of universal design—is proposed; this approach not only ensures compliance with regulatory requirements but also fosters a truly comfortable and safe environment for all citizens.

Keywords: transport infrastructure accessibility, transport buildings and structures, people with disabilities, functional accessibility, universal design, accessibility audit, transport mobility, infrastructure management.

References
1. SP 59.13330.2020 Accessibility of Buildings and Structures for Persons with Limited Mobility. Updated version of SNiP 35-01-2001.
2. SP 136.13330.2012 Buildings and Structures. General Design Provisions for Accessibility by Persons with Limited Mobility (with Amendment No. 1).
3. Subbotin, O. S., & Stolyarova, Yu. V. (2016). Specifics of Designing Buildings for People with Disabilities. In *Scientific Support for the Agro-Industrial Complex: Collection of Articles from the 71st Scientific and Practical Conference of Faculty Members (Based on 2015 Research Results)* (pp. 489–490). Krasnodar: Kuban State Agrarian University. EDN WCPFIR.
4. Melnikova, O. G., & Belmakova, A. S. (2017). *Architectural Design of Facilities with a Focus on Creating a Barrier-Free Environment: A Textbook*. Volgograd: Volgograd State Technical University. ISBN 978-5-9948-2583-9. EDN ZJPWRB.
5. Dzida, N. N. (2025). Universal Design in the International Education System. *Grand Altai Research & Education*, (23), 60–64. 6. Pestryakova E.R., Khokhlova V.V. Directions for the Development of the Architectural Organization of Psychological Rehabilitation Centers // Problems of Architecture and Urban Planning. — 2024. — No. 2. — pp. 162–165.

Концепция развития горнолыжных курортов Северного Кавказа

Вихренко Геннадий Иванович
аспирант, Южный федеральный университет, vihrenko@sfedu.ru,

Шевченко Леонид Петрович
кандидат архитектуры, профессор, Южный федеральный университет, ipshevchenko@sfedu.ru

В статье изложены основные подходы к развитию горнолыжных курортов Северного Кавказа на основе анализа отечественного и зарубежного опыта проектирования горнолыжных курортов и изучения современного состояния горно-рекреационных комплексов на Северном Кавказе. По результатам изучения опыта проектирования горно-рекреационных комплексов выявлены основные принципы формирования их объемно-планировочной структуры. Проанализированы градостроительные аспекты структурной организации современных горнолыжных курортов, определены положительные стороны объединения горнолыжных курортов в более крупные горнолыжные районы. Перечислены требования к функциональному содержанию горнолыжных курортов и их связи с современными тенденциями технического усовершенствования подъемников и изменением климата.

Ключевые слова: горнолыжный курорт, Северный Кавказ, рекреационный центр, концепция, горнолыжный центр, функциональная специализация, транспорт, транспортный узел.

Введение

Северный Кавказ неизменно удерживает популярность среди туристов не только России, но и зарубежных стран. Этот регион поистине богат на природные достопримечательности, памятники истории, широкий интерес вызывают национальный колорит и культура местных народов. В настоящее время происходит еще большая активизация интереса к отдыху на Северном Кавказе, ширится туристический поток в кавказские республики. По данным статистики за 2025 год горнолыжные курорты СКФО посетили более 8 млн. человек. В 2026 году прогнозируемый турпоток на горнолыжные курорты увеличится на 10%. Горнолыжный спортивно-оздоровительный отдых как часть рекреационной инфраструктуры Северного Кавказа занимает весомую нишу и имеет большой потенциал своего развития. Сегодня на Северном Кавказе любителям зимнего отдыха доступно 14 горнолыжных курортов (ГЛК), которые располагаются в 7 субъектах, еще 2 ГЛК на стадии планирования и 1 строится.

Туристско-рекреационный комплекс Северного Кавказа имеет большую поддержку со стороны государства. Для усовершенствования структуры управления туристической отраслью СКФО в 2020 году путем объединения акционерного общества «Курорты Северного Кавказа», акционерного общества «Корпорация развития Северного Кавказа» и акционерного общества «Курорт Эльбрус» был создан институт развития АО «КАВКАЗ.РФ». В 2022 году утверждена Стратегия развития АО «КАВКАЗ.РФ» до 2026 года и на перспективу до 2031 года (далее – Стратегия). В числе приоритетных точек развития Стратегии существующие и новые проекты горнолыжных курортов: Архыз, Эльбрус, Мамисон, Ведучи, Армхи, Чегет, Домбай. Данные факты указывают на актуальность исследования перспектив развития горнолыжных курортов Северного Кавказа и выработку концептуальных предложений.

Вопрос развития горнолыжных курортов требует комплексного подхода. Как показывает практика, отсутствие комплексной оценки всех факторов, оказывающих влияние на проектирование горнолыжных комплексов, разрозненная, не скоординированная застройка приводит к нерациональному использованию природных территорий [1]. В связи с этим предлагается ряд подходов к развитию горнолыжных курортов Северного Кавказа, которые объединяются в общую концепцию. На наш взгляд концепция должна отвечать на современные вызовы, с которыми встречается нынешний горно-туристский комплекс, а также нести в себе самые передовые тенденции по организации горнолыжного отдыха. Концепция должна предлагать меры, направленные на максимальное раскрытие рекреационного потенциала территории.

Проекты комплексного развития отдельных территорий Северного Кавказа под горнолыжную рекреацию разрабатывались с конца 50-х годов XX века. Выполнялись проекты планировок и генеральные планы горно-рекреационных комплексов Приэльбрусья, Красной Поляны, Архыза и Домбая, плато Лаго-Наки. Практикой проектирования отдельных курортов были сформулированы принципы, которые транслировались и на последующие проекты. Перечислим эти принципы:

равномерное использование территории, для устранения нежелательной переуплотненности отдельных участков;

четкая специализация каждого подрайона и комплекса:

дифференциация всей системы учреждений то более крупных и сложных к простейшим в зависимости от функции;

очередность строительства в соответствии с принятой структурной организацией [1].

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) создания горно-рекреационного комплекса «Лунная Поляна» в Архызе (1975 г.) предполагало решение следующих задач:

горно-рекреационный комплекс рассматривается как самостоятельное звено в инфраструктуре мест отдыха и туризма Кавказского региона;

архитектурно-планировочная структура комплекса подчинена созданию оптимальных условий для организации горнолыжного спорта как ведущей функции горной рекреации;

пространственная композиция комплекса основывается на стремлении сохранить и вместе с тем подчеркнуть архитектурными средствами своеобразие окружающей среды; тектоника и форма архитектурных сооружений соответствуют скульптурности и террасности рельефа с учетом психологических и визуальных особенностей восприятия застройки в горах;

каждое функциональное звено комплекса получает свою архитектурно-пространственную трактовку, подчеркивающую его роль и место в целостной композиционной структуре;

под застройку используются минимальные территории; сохраняются лесные массивы и достопримечательности микрорельефа;

конструкции зданий выполняются из монолитного железобетона, что обеспечивает необходимую пластику отдельных объемов и всей архитектурно-пространственной композиции в целом;

очередность строительства определяется таким образом, чтобы создать на каждом новом этапе функционально и композиционно законченное звено; первоочередное строительство осуществляется на верхних отметках поляны

– в месте сосредоточения нижних станций канатных дорог и финишей горнолыжных трасс [1].

Охрана окружающей природной среды и подчеркивание ее эстетических качеств является важнейшей задачей в ходе создания горнолыжного курорта. Примером успешной реализации такой задачи служит горнолыжный курорт Лез-Арк во Франции. Архитекторами при выборе объемно-планировочных решений использовался прием террасирования застройки, широко применялась тема наклонных стен. Авторы сознательно отказались от зданий башенного типа. Округлые и извивающиеся, «живые» в плане здания повторяют очертания ландшафта.



Рис. 1. Здание отеля. Арк 1600. https://www.ski.ru/az/blogs/post/lez-ark-kak-syn-sapozhnika-dizainer-mebeli-i-pastukh-postroili-unikalnyi-gornolyzhnyi-kurort

Сложность архитектурно-пространственной композиции комплекса Лез Арк вызвана стремлением обеспечить ориентацию жилых помещений на горные пейзажи. Авторы проекта отталкивались от строения рельефа местности. Таким образом, можно выделить несколько принципов формирования пространственной композиции Лез-Арка:

обозримость пространства, учёт особенностей восприятия отдельных архитектурных сооружений и всего ансамбля в целом;

ориентация жилых помещений на горную панораму и на наиболее удачные точки застройки;

подробный анализ горного рельефа при выработке объемно-пространственного решения комплекса.



Рис. 2. Застройка горнолыжного центра Арк 1800. https://www.ski.ru/az/blogs/post/lez-ark-kak-syn-sapozhnika-dizainer-mebeli-i-pastukh-postroili-unikalnyi-gornolyzhnyi-kurort

Современный горнолыжный курорт – это несколько горнолыжных рекреационных центров соединенных транспортной инфраструктурой в единую зону горнолыжного туризма и спорта. Количество таких центров может варьироваться от двух-трех до десятков. На представленной ниже схеме (Рис. 3.) видна структура группового размещения рекреационных центров французского горнолыжного курорта Ла-Плань.

Часто крупные горнолыжные курорты объединяются в более крупные горнолыжные районы. Примерами таких районов являются Парадиски, Порт дю Солей, Шамони Монблан. Объединение соседствующих горнолыжных курортов в крупные горнолыжные районы способствует повышению эффективности управления, укреплению межмуниципального сотрудничества. Создание крупной зоны представляет собой также пространственную поддержку коммерческого продукта. Создаваемые новые взаимосвязанные сети способствуют реорганизации каждого элемента горнолыжного района, в результате чего выстраивается новая пространственная иерархия с новыми центрами, новыми опорами и осями [11].

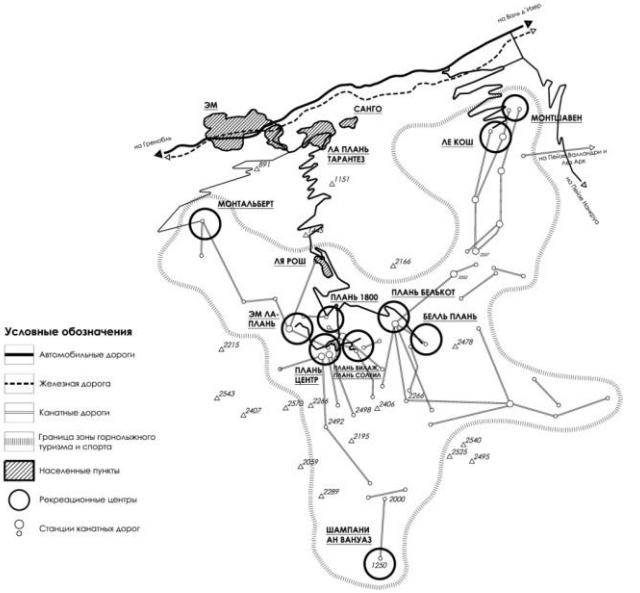


Рис. 3. Схема группового размещения рекреационных центров горнолыжного курорта Ла-Плань.

Как известно, для обеспечения рентабельности эксплуатации дорогостоящей инфраструктуры горнолыжного курорта необходимо его функционирование не менее 3-4 месяцев в году [1]. Для этого требуется наличие устойчивого снежного покрова. Это обеспечивается путем размещения зданий и сооружений на более высокой отметке (не ниже 800 м над уровнем моря). Однако эти меры связаны с повышенными капиталовложениями и дополнительными сложностями при строительстве на высокогорье. Курорты, расположенные на более низких отметках, сталкиваются с проблемами естественного снежного покрова, что еще больше усугубляется в условиях изменения климата, и для сохранения рентабельности прибегают к использованию искусственного оснежения трасс. Данная проблема сохраняет тенденцию к ухудшению в Европейских странах и в мире, что констатируют научные исследования [11, 13].

В связи с этим важной составляющей современного горнолыжного курорта, помимо продуманной и разнообразной сети трасс для катания, является инфраструктура развлечений и альтернативного отдыха, так называемый, апрес-ски. «В большинстве случаев инфраструктура современных курортов включает разнообразные СПА-центры, места для купания в горячих источниках, предлагая широкий спектр услуг помимо возможности покататься на лыжах и сноуборде» [12].

Возможность иных вариантов времяпрепровождения для туристов имеет еще большее значение при техническом развитии инфраструктуры горных подъемников. Усовершенствованные подъемники сегодня имеют большую пропускную способность, что заметно сокращает общее время катания [7]. В связи с этим высвобождается время для других занятий. При этом наиболее подходящими после катания являются спокойные виды отдыха - спа-салоны, рестораны, кинотеатры. Наличие как можно более широкого спектра дополнительных услуг и развлечений, которые могут использоваться как зимой, так и летом, не является роскошью, а скорее необходимостью для современного горнолыжного курорта.

В современной научной литературе имеется ряд ранее выполненных работ, посвященных выработке принципов проектирования горнолыжных курортов. Принципы, сформулированные М.В. Сугатовой, исходят из идей устойчивой архитектуры и направлены на бережное отношение к естественной среде. Этим целям способствует уменьшение площади застройки, развитие системы небольших горных поселков небольшой этажности. Постулируется использование натуральных строительных материалов, возобновляемых источников энергии и систем «умного» дома [14]. Шашевой Э.З. приводятся принципы развития зарубежных горнолыжных курортов [7].

На основе изучения отечественной и зарубежной практики проектирования и строительства горнолыжных курортов, современных тенденций в области горнолыжного туризма предлагаются концептуальные решения по развитию горнолыжных курортов Северного Кавказа.

Концепция развития горнолыжных курортов (ГЛК) Северного Кавказа включает следующие пункты:

Улучшение транспортной доступности ГЛК до ближайших городских агломераций и транспортных узлов (аэропорты, ЖД вокзалы, автовокзалы), обеспечение транспортной связности отдельных горнолыжных центров между собой.

Решением проблемы доступности ГЛК могут быть: предложения по созданию новых автомобильных дорог; предложения по использованию малой авиации (вертолеты).

ГЛК развивать как систему взаимосвязанных рекреационных центров.

Одним из эффективных методов освоения горных районов является ядерно-кустовой подход в создании горнолыжных курортов, когда имеется центральный (базовый) поселок и на расстоянии от него создается несколько других горнолыжных поселков – рекреационных центров. Такие поселения могут образовывать взаимосвязанные звенья и дополнять друг друга через функциональную специализацию. Обеспечить транспортную связность между такими центрами можно созданием дополнительных канатных дорог через перевалы и ущелья. Примером такой организации горнолыжного курорта являются французский курорт Ла-Плань.

Использовать канатные дороги не только для подъема в горы, но и для горизонтальных перемещений между объектами ГЛК, как часть внутренней транспортной инфраструктуры или как транспортную связь между соседними курортами – рекреационными центрами.

Применять метод вписывания зданий ГЛК в окружающую природную среду.

«Гармония ансамбля - это, прежде всего, взаимопроникновение природы и архитектуры. Различные градации этого проникновения от контрастного противопоставления комплекса окрестностям до полного подчинения характеру ландшафта могут быть использованы в качестве самостоятельного художественного приёма. Немаловажным является обеспечение обозримости пространства, учёт особенностей восприятия отдельных архитектурных сооружений и всего ансамбля в целом» [4].

«Тенденция, определяющая взаимосвязь архитектуры с природой, гармония их взаимопроникновения обусловлены всеми аспектами современного уровня развития общества и его потребностей. Максимальное использование природной среды при минимальном вкраплении в нее искусственной – ведущая задача рекреационной архитектуры»[1] Формирование небольших по высоте – 1-2-3 - этажных объектов с применением террасирования и блокирования будет создавать гармоничное сочетание искусственной и естественной среды, не нарушая ценности сложившегося природного ландшафта. Возможно локальное размещение более высоких объектов с учетом сохранения целостности пейзажа. Примером такого подхода может служить застройка горнолыжных поселков Плань Солеил, Плань Вилаж горнолыжного курорта Ла-Плань (Рис. 2) и Арк 1950, горнолыжного курорта Лез-Арк (Рис. 3) во Франции.



Рис. 4. Застройка горнолыжных поселков Плань Солеил и Плань Вилаж [9].



Рис. 5. Застройка горнолыжного поселка Арк 1950.

Обеспечение гибкости планировочных решений объектов ГЛК.

Планировка номерного фонда может трансформироваться в зависимости от увеличения или уменьшения количества посетителей в летнее время. Тем самым изменяются условия размещения в летнее время в сторону увеличения площади на 1 человека, то есть повышение комфортности пребывания за ту же цену, что в зимнее время – это может стать фактором сохранения привлекательности ГЛК вне горнолыжного сезона. Некоторые общественные площади могут использоваться по другому назначению в зависимости от сезона и преобладающей функции в определенный период года.

Создание жилых городков для обслуживающего персонала в структуре ГЛК или в системе взаимосвязанных горнолыжных рекреационных центров. В «базовом» поселке в небольшой временной доступности создать дома постоянного проживания обслуживающего персонала.

Расширение перечня культурно-досуговых и культурно-развлекательных учреждений в структуре ГЛК для обеспечения времяпровождения туристов в послеобеденное и вечернее время (апрес-ски).

В связи с развитием канатных дорог, повышается их пропускная способность, что влечет за собой более раннее окончание катания у туристов, приблизительно к двум-трем часам дня. Это требует создания дополнительных учреждений отдыха и досуга (спортивных объектов, фитнес центров, ресторанов, кафе, боулинга, танцполов и т.д.).

В целях сохранения туристического потока, сглаживания фактора сезонности и исключения простаивания инфраструктуры ГЛК в летнее время, предлагается развитие внесезонных активностей на открытом воздухе (конные прогулки и конный спорт, бальнеология, пешие прогулки, альпинизм, джиппинг и др.).

В крупных горно-рекреационных комплексах, в отличие от отдельно стоящих учреждений, обеспечивается разнообразие форм обслуживания, экономически оправдывается многофункциональная эксплуатация, создаются благоприятные условия для обеспечения переменного режима функционирования. Зимой - горные и беговые лыжи, санный спорт; летом - туризм и иные виды летнего спорта; круглогодично – климатолечение [4].

Создание объектов связанных с предоставлением социально-бытовых услуг и специализированных учреждений.

ГЛК по мере развития, увеличения вместимости перерастает в своеобразный «город в горах» или «снежный город», под этим подразумевается расширение палитры предоставляемых услуг. Долговременное пребывание в ГЛК может вызвать потребность у посетителей не только в объектах культурно-досуговой и развлекательной направленности, но и предоставляющих различные социальные услуги. Например, размещение детских дошкольных учреждений, различных социальных служб, почты. Главной целью расширения перечня социально направленных учреждений обслуживания является обеспечение комфортного пребывания в ГЛК для всех возрастных групп туристов.

Предусмотреть размещение зрительских мест при использовании ГЛК для проведения спортивных соревнований.

Объемно-планировочные решения разрабатывать на основе детального изучения рельефа местности. Рельеф и особенности ландшафта должны стать отправной точкой поиска наиболее удачного размещения объектов на территории.

Литература

1. Максимов О. Г., Ополовникова Е. А. Горно-рекреационные комплексы. - М.: Стройиздат, 1981. - 120 с.
2. Мелик-Пашаев А. И. Горные зоны отдыха. Особенности архитектурно-планировочных структур горно-рекреационных центров стран Западной Европы (Обзор) – М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1975. – 59 с.
3. Максимов О. Г., Никитина К. П. Рекреационно-спортивные комплексы в горном ландшафте [концепция архитектурно-ландшафтной организации]. - М.: Эдитус, 2016. - 100 с.
4. Максимов О. Г. Горно-рекреационные комплексы Шарлотты Перрьян (комплекс Лез-Арк, французские Альпы) // AMIT. - 2012. - №S. - С. 18.
5. Полякова Е. А. Формирование туристско-рекреационных комплексов на основе морфологии горного рельефа и геологических структур. // Наука, образование и экспериментальное проектирование. - 2020. - №1. - С. 299-301.
6. Горгорова Ю. В. Проектирование гостиниц для природно-климатических условий гор и предгорий юга России // Инженерный вестник Дона. - 2013. - №4. - С. 203.
7. Шашева Э. З. Основные принципы развития горнолыжных курортов за рубежом // Научный журнал. - 2017. - №4.
8. Ивлиева О. В., Шмыткова А. В. Горнолыжные курорты Северного Кавказа // ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ. - 2018. - №2. - С. 36-38.
9. https://www.la-plagne.com/ (дата обращения: 02.07.2026).
10. https://en.lesarcs.com/ (дата обращения: 02.07.2026).
11. A. Marnézy, C. Gauchon. Les domaines skiables reliés dans les Alpes françaises. In: Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, numéro 4, 2006. Transport et tourisme. pp. 115-124
12. Буренок Е.С., Скоблицкая Ю.А. Особенности формирования современного горнолыжного комплекса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 4. С. 102–117. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-102-117. EDN: EAKCLZ
13. Lucas Berard-Chenu, Jonathan Cognard, Hugues François, Samuel Morin, Emmanuelle George. Do changes in snow conditions have an impact on snowmaking investments in French Alps ski resorts?. International Journal of Biometeorology, 2021, 65 (5), pp.659-675. ⟨10.1007/s00484-020-01933-w⟩. ⟨hal-02638122⟩.
14. Сугатова М.В. Принципы проектирования горнолыжных курортов // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Москва : МАРХИ, 2022. С. 197–198.

15. Теблоева Ф.В. Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования горно-рекреационных комплексов // ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ПРАКТИКЕ сборник статей по материалам XV международной научно-практической конференции. Том Часть 2(2). 2019. - Барнаул: Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2019. - С. 143-148.

The concept for the development of ski resorts in the northern caucasus

Vikhrenko G.I., Shevchenko L.P.
Southern Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

The article outlines the main approaches to the development of ski resorts in the North Caucasus based on an analysis of domestic and foreign experience in designing ski resorts and a study of the current state of mountain-recreational complexes in the North Caucasus. Based on the results of studying the experience of designing mountain-recreational complexes, the main principles for forming their spatial and planning structure have been identified. The urban planning aspects of the structural organization of modern ski resorts have been analysed, and the positive aspects of uniting ski resorts into larger ski areas have been identified. The requirements for the functional content of ski resorts and their connection with modern trends in the technical improvement of lifts and climate change are listed.

Keywords: ski resort, North Caucasus, recreational center, concept, ski center, functional specialization, transport, transport hub.

References

1. Maksimov O. G., Opolovnikova E. A. Mountain-recreational complexes. — Moscow: Stroyizdat, 1981. — 120 p.
2. Melik-Pashaev A. I. Mountain recreation zones. Features of the architectural and planning structures of mountain-recreational centres in Western European countries (Review) — Moscow: TsINIS Gosstroya SSSR, 1975. — 59 p.
3. Maksimov O. G., Nikitina K. P. Recreational and sports complexes in a mountain landscape [the concept of architectural and landscape organization]. – Moscow: Editus, 2016. – 100 p.
4. Maksimov O. G. Mountain-recreational complexes of Charlotte Perrigand (the Les Arcs complex, French Alps) // AMIT. – 2012. – No. S. – P. 18.
5. Polyakova E. A. Formation of tourist and recreational complexes based on the morphology of mountain relief and geological structures. // Science, education and experimental design. - 2020. - No. 1. - P. 299-301.
1. Gorgorova Yu. V. Designing hotels for the natural and climatic conditions of the mountains and foothills of southern Russia // Engineering Bulletin of the Don. - 2013. - No. 4. - P. 203.
7. Shasheva E. Z. Basic principles of the development of ski resorts abroad // Scientific journal. - 2017. - No. 4.
8. Ivlieva O. V., Shmytkova A.V. Ski resorts of the North Caucasus // GEOGRAPHY AND TOURISM. - 2018- No. 2. - pp. 36-38.
9. https://www.la-plagne.com / (date of request: 07/02/2026).
10. https://en.lesarcs.com / (date of access: 07/02/2026).
11. A. Marnézy, C. Gauchon. Les domaines skiables reliés dans les Alpes françaises. In: Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, numéro 4, 2006. Transport et tourisme. pp. 115-124
12. Burenok E.S., Skoblitskaya Yu.A. Features of the formation of a modern ski complex // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Building. 2024. Vol. 26. No. 4. Pp. 102–117.
DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-4-102-117. EDN: EAKCLZ
13. Lucas Berard-Chenu, Jonathan Cognard, Hugues François, Samuel Morin, Emmanuelle George. Do changes in snow conditions have an impact on snowmaking investments in ski resorts in the French Alps? International Journal of Biometeorology, 2021, 65 (5), pp.659-675. ⟨10.1007/s00484-020-01933-w⟩. ⟨hal-02638122⟩.
14. Sugatova M.V. Principles of Designing Ski Resorts // Science, Education and Experimental Design. Moscow: MARHI, 2022. Pp. 197–198.
15. Tebloeva F.V. Analysis of Domestic and Foreign Experience in Designing Mountain-Recreational Complexes // INNOVATIONS IN SCIENCE AND PRACTICE: a collection of articles based on the materials of the 15th International Scientific and Practical Conference. Volume Part 2(2). 2019. – Barnaul: Dendra Limited Liability Company, 2019. – Pp. 143–148.

Анализ опыта проектирования горнолыжных курортов европы. градостроительные аспекты

Вихренко Геннадий Иванович
аспирант, Южный федеральный университет, vihrenko@sfedu.ru,

Шевченко Леонид Петрович
кандидат архитектуры, профессор, Южный федеральный университет, ipshevchenko@sfedu.ru

Представлены результаты анализа градостроительных аспектов формирования горнолыжных курортов Европы. Проведен сравнительный анализ горнолыжных курортов по ключевым показателям. На основе данных сравнительного анализа и исследования графо-аналитическим методом планировочной структуры застройки рекреационных центров горнолыжных курортов сформулированы принципиальные модели и предложена типология по структурной организации. Выявлены положительные и отрицательные стороны архитектурной среды предложенных типов горнолыжных курортов.
Ключевые слова: горнолыжный курорт, градостроительные аспекты, генеральный план, планировочная структура, архитектурная среда.

Введение

История горнолыжного отдыха, равно как и горнолыжного спорта началась в Европе. Горнолыжная индустрия наиболее развита в странах Европы, это подтверждается количеством горнолыжных курортов, в частности на Альпийский регион, приходится 40% всех горнолыжных курортов мира [1]. Лидирующие позиции занимают Австрия, Франция, Швейцария и Италия. Европейские горнолыжные центры располагаются в двух горных системах Альпийской и Карпатской. На представленных ниже схемах показано размещение важнейших Европейских горно-рекреационных районов и центров. В статье будет проведен сравнительный анализ по основным показателям горнолыжных курортов и рассмотрен Европейский опыт их градостроительной организации.

Материалы и методы

Чтобы определить перечень основных показателей горнолыжных курортов (ГЛК), был проведен анализ работ авторов, занимающихся вопросами классификации горнолыжных курортов. Анализ литературных источников по вопросу классификации горнолыжных курортов [1, 2], выявил как перекрестные сходства критериев, на основе которых производилась вышеуказанная классификация, так и различия, связанные с методами дальнейшего анализа предложенных авторами критериев. В нашем случае сравнительный анализ имеет второстепенное значение и выполняется с целью формирования общей картины развитости горнолыжных курортов. Большее значение имеет выявление структурных особенностей градостроительной организации горнолыжных центров.

Для сравнительного анализа горнолыжных курортов определены следующие показатели:

- высота расположения над уровнем моря;
- продолжительность горнолыжного сезона;
- количество и общая протяженность горнолыжных трасс;
- категории горнолыжных трасс;
- перепад высот;
- количество и общая пропускная способность канатных дорог;
- типы канатных дорог;
- возможность проведения соревнований;
- ближайший аэропорт;
- ближайшая ЖД станция.

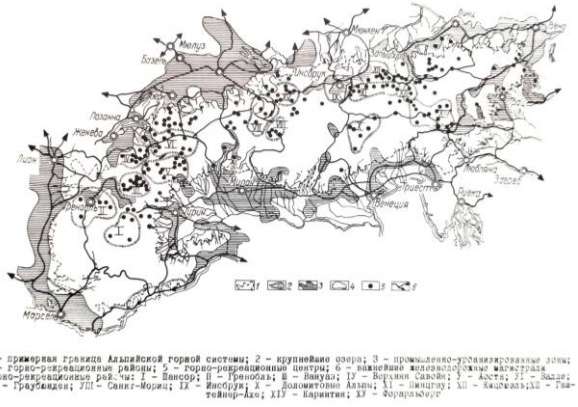


Рис. 1. Схема размещения важнейших горно-рекреационных районов и центров в Альпийской горной системе (Франция, Италия, Швейцария, Австрия) [3].

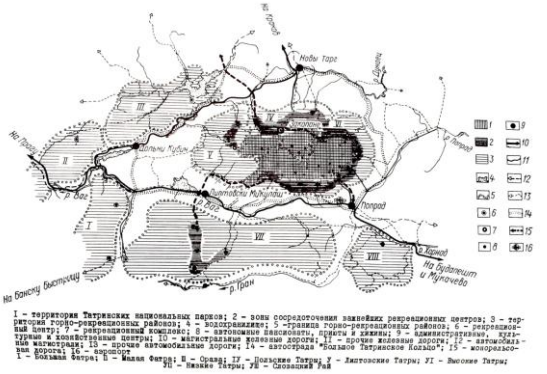


Рис. 2. Горно-рекреационные районы Западных Карпат [3].

Таблица 1

Сравнительный анализ горнолыжных курортов Европы

№ п/п	Наименование горнолыжного курорта	Высота расположения над уровнем моря, м				Продолжительность горнолыжного сезона	Количество горнолыжных трасс	Суммарная протяженность горнолыжных трасс, км	Категории горнолыжных трасс				Перепад высот, м	Сум кол ка
		низкогорный 100-400	среднегорный нижнего пояса 1000-1500	среднегорный верхнего пояса 1500-2000	высокогорный более 2000				зеленая	синяя	красная	черная		
	Франция													
1	Ла-Плань		●	●	●	5 мес	139	225	●	●	●	●	2000	
2	Лез-Арк			●		5 мес	121	200	●	●	●	●	2400	
3	Авориаз			●		5 мес	84	150	●	●	●	●	1177	
4	Лез-Ор		●	●		5 мес	37	100	●	●	●	●	1170	
5	Изола 2000				●	4,5 мес	48	120		●	●	●	810	
6	Пралоньян-ля-Вануаз		●			5 мес	20	26	●	●	●	●	945	
7	Абонданс		●			4,5 мес	13	25	●	●	●	●	730	
8	Ле Уш		●			6 мес	Н/Д	55	●	●	●	●	900	
	Швейцария													
1	Санкт-Мориц			●	●	4,5 мес	Н/Д	150	●	●	●	●	1285	
2	Церматт			●		12 мес	Н/Д	200		●	●	●	2279	
3	Майринген	●	●	●	●	5 мес	Н/Д	60		●	●	●	1833	
4	Лейзин		●			4 мес	29	60		●	●	●	948	
5	Овронна		●			5 мес	10	30		●	●	●	1180	
	Австрия													
1	Китцбюэль		●	●	●	5,5 мес	60	170		●	●	●	1200	
2	Фулпмес / Шлик-2000		●	●	●	5 мес	Н/Д	22	●	●	●	●	1300	
	Италия													
1	Сестриере (горнолыжный район Via Lattea)		●	●	●	5 мес	146	400		●	●	●	2840	
2	Пила			●	●	5,5 мес	26	70		●	●	●	952	

Важнейшим фактором определяющим продолжительность горнолыжного сезона является наличие снежного покрова. Более низкорасположенные курорты сталкиваются с проблемами естественного оснежения и для сохранения рентабельности горнолыжного курорта прибегают к использованию искусственного оснежения. Данная проблема сохраняет тенденцию к ухудшению в Европейских странах и в мире, о чем констатируют научные исследования [6, 7].

Ла-Плань

Французский горнолыжный курорт Ла-Плань располагается в альпийской долине Тарантез (Савойя). Ла-Плань - это часть горнолыжного региона Парадиски, который объединяет соседние курорты Лез-Арк и Пейзе Валландри. Самый близкий крупный город Женева (150 км), там же находится ближайший аэропорт. Курорт Ла-Плань, как один из горнолыжных центров региона Парадиски, целесообразно рассматривать во взаимосвязи со всеми горнолыжными курортами, входящими в него.

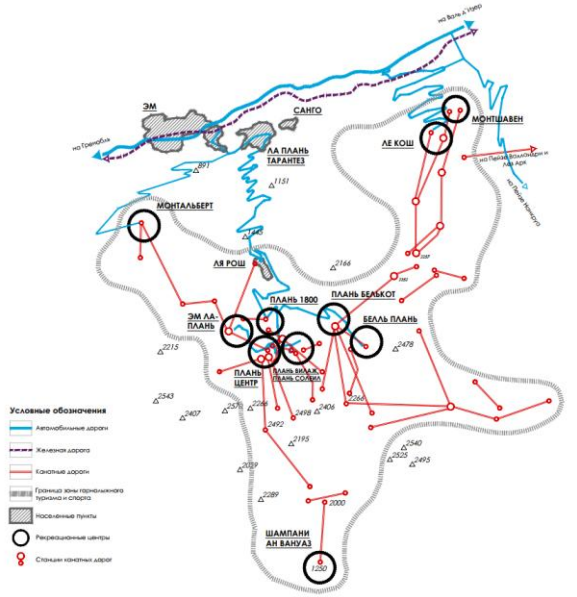


Рис. 3. Схема группового размещения рекреационных центров горнолыжного курорта Ла-Плань

Ла-плань один из самых популярных горнолыжных курортов Европы. Курорт состоит из 11 горнолыжных поселков рекреационных центров, которые располагаются на высоте от 1250 м до 3080 над уровнем моря. Каждый поселок это отдельное градостроительное образование со своим номерным фондом, общественными объектами и станциями канатных дорог, с помощью которых можно подняться на верхние станции для катания по горнолыжным трассам и перемещаться между другими рекреационными центрами курорта. Общее количество подъемников 77. Курорт имеет очень развитую сеть горнолыжных трасс различной сложности. Общая протяженность всех спусков 225 км всех уровней сложности. Более 70% трасс располагаются на отметке выше 2000 м., а максимальный перепад высот склонов для катания 2000 м. В курорте имеется также зона для спортивных соревнований стадион для слалома.

Помимо обширной зоны катания Ла-Плань располагает множеством вариантов других развлечений и досуга, не связанных с лыжным спортом, так называемых апрес-ски. Это рестораны, бары и пабы, театр, кинотеатры, боулинг, различные зоны пикников. Также имеются площадки под открытым небом, где проводятся различные фестивали и шоу, как летом, так и зимой. Есть открытые спортивные площадки, теннисные корты. В число зимних альтернативных видов отдыха входит ледовый каток, бобслей, скелетон, катание на санях, парапланеризм, зимний автоспорт, пешие прогулки и другое.

Главный поселок, а так же наиболее насыщенный разнообразными общественными функциями Плань Центр расположился на высоте 1970 м. над уровнем моря. Плань Центр - это первый горнолыжный поселок в Ла-Плани, построенный в 1961 году архитектором Мишелем Безансоном.

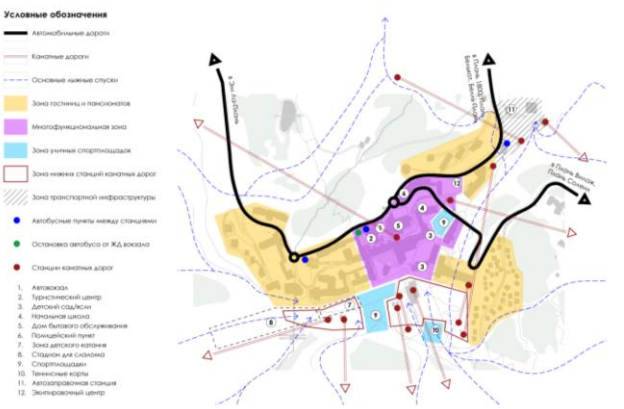


Рис. 4. Анализ планировочной структуры рекреационного центра Плань Центр

Лез-Арк

Еще один знаменитый французский горнолыжный курорт, расположенный близ города Бур-Сен-Морис. Лез-Арк представляет собой систему из четырех рекреационных центров, расположенных на отметках 1600, 1800, 1950 и 2000 м. над уровнем моря. Курорт предлагает посетителям разветвленную систему горных спусков различной сложности. Общая протяженность горнолыжных трасс 200 км, которые обслуживаются 57 канатных дорог. Из Лез-Арк тянется канатная дорога через ущелье к рекреационным центрам Ла-Плани, тем самым объединяя две зоны горнолыжного туризма и спорта в горнолыжный регион Парадиски, доступный туристам по единому ски-пассу.

В проектировании горнолыжного курорта активное участие принимала архитектор Шарлотта Перрьян. Своеобразие облика комплекса Лез-Арк достигнуто стилевым единством доминирующих зданий, определяющих характер застройки. Сложный горный рельеф сам по себе определил многоплановую пространственную композицию.

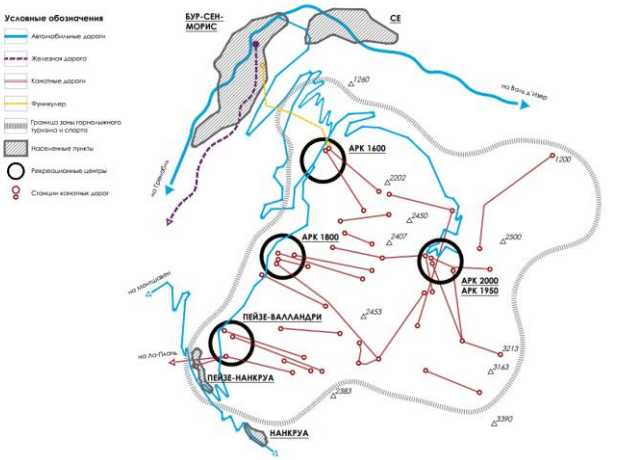


Рис. 5. Схема группового размещения рекреационных центров горнолыжного курорта Лез-Арк

Отсутствуют здания башенного типа, активно использована тема наклонных стен, производящая весьма эмоциональное впечатление, одновременно обеспечивающая создание открытых террас преимущественно в сторону горнолыжных склонов и панорамных наклонных витражей в сторону

долины, где виден посёлок Сан-Морис. Автор выразила стремление к раскрытию жилых помещений на горные пейзажи и наиболее интересные точки застройки, создавая специфическую среду, отличающуюся от городского окружения [4]

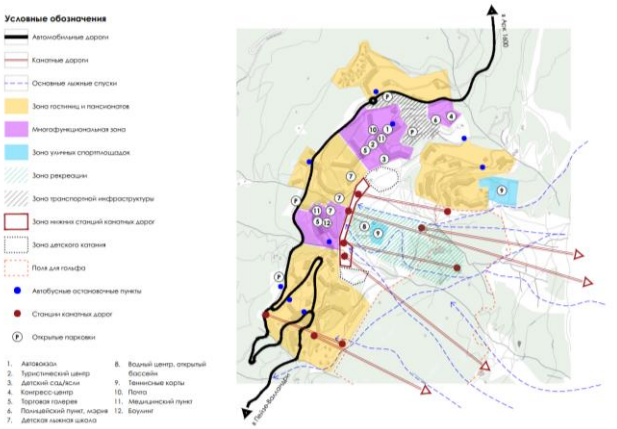


Рис. 6. Анализ планировочной структуры рекреационного центра Арк 1800

Планировочная структура всех горнолыжных рекреационных центров содержит основные функциональные зоны: жилая; многофункциональная, в которой объекты содержат номерной фонд и общественные функции; транспортной инфраструктуры (автовокзал, АЗС); зона нижних станций канатных дорог. Отличия в зонировании заключаются в возможности предоставления различных видов занятий: открытых игровых площадок, рекреационных зон, полей для гольфа и др.

Результаты и обсуждение

По результатам проведенного анализа выявляются схожие черты горнолыжных курортов, по которым их можно объединить в типологические группы. Можно выделить несколько принципиальных моделей ГЛК (Рис. 7):

Курорты на базе горного поселения, которое является горнолыжным центром со всей необходимой инфраструктурой (Пралоньян-ля-Вануаз, Абонданс, Майринген);

Курорты на базе горного поселения, но с созданием на новых территориях рекреационных центров, которые связаны с горными поселениями канатной дорогой или фуникулером и образуют с горным поселением единую зону катания;

Курорты, созданные на новых территориях специально для горнолыжного отдыха и расположенные на значительном удалении от горных поселений связанные с горными поселениями автомобильными дорогами (Ла-Плань, Аворья, Изола 2000).

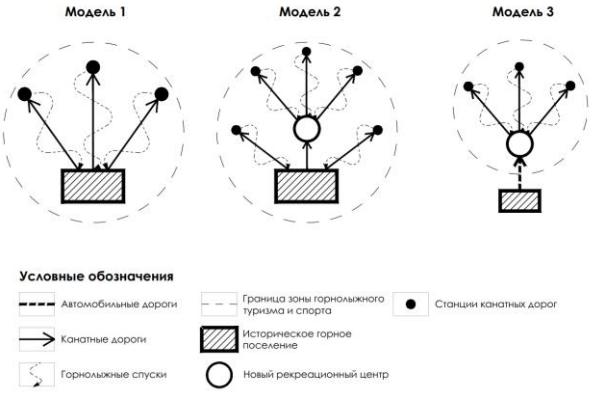


Рис. 7. Принципиальные модели горнолыжных курортов

Также можно выделить типы ГЛК по структурной организации (Рис. 8):

Одноядерные (нуклеарные) курорты, состоящие из одного структурного элемента (поселка), в котором сосредоточены все функциональные компоненты горнолыжного отдыха;

Одноядерные с наличием вышерасположенных станций канатных дорог, при которых имеются объекты отдыха и обслуживания, но без мест размещения. Вокруг таких станций не создается еще полноценное ядро рекреации (Санкт-Мориц и Корвилья, Сильвретта Монтафон, Гольм);

Разветвленная система взаимосвязанных рекреационных центров, где каждый центр это отдельное автономное градостроительное образование, которое также может иметь определенную функциональную специализацию (Ла-Плань, Лез-Арк).

Стремление к объединению соседних или смежных горнолыжных курортов в крупные горнолыжные комплексы, связанные подъемниками, сетью склонов или автобусными маршрутами связано с повышением эффективности управления, укреплением межмуниципального сотрудничества. Создание крупной взаимосвязанной зоны может просто представлять собой пространственную поддержку коммерческого продукта. Такие новые взаимосвязанные сети способствуют реорганизации каждого элемента – выстраивается новая пространственная иерархия с новыми центрами, новыми опорами и осями [5].

Каждый тип ГЛК отличается своими признаками архитектурной среды, среди которых есть положительные и отрицательные эффекты. ГЛК на базе горного поселения или группы поселений, как правило, максимально взаимоувязаны с историей места и природным контекстом территории. Архитектура таких ГЛК максимально гармонична с окружающим ландшафтом, так как изначально создавалось поселение, а позже была привнесена функция горнолыжной рекреации. Однако минусами являются: хаотичность планировочной структуры исторического поселения и связанные с этим неудобства при размещении и обслуживании туристов; ограничения возможности развития курорта в условиях сложившейся застройки, наличие исторических памятников и охраняемой архитектурной среды; разреженность застройки, размазанность, что может вызывать неудобства в перемещении у туристов от жилья до станций канатных дорог и объектов обслуживания. Несмотря на это, привлекательность таких ГЛК как раз в аутентичности исторических горских шале, которые россыпью разместились на горном склоне, и формируют впечатляющий пейзаж альпийской деревни на фоне гор и зеленых лугов.

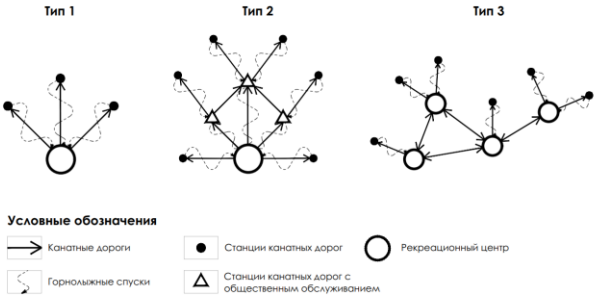


Рис. 8. Типы горнолыжных курортов по структурной организации

Противоположностью такого типа являются ГЛК, созданные на новой территории специально для горнолыжного отдыха, под который создается специализированная архитектурная среда. Такие курорты отличаются изначальной продуманностью планировочной структуры на уровне генерального плана. Здесь все подчинено главной функции горнолыжной рекреации, на которую работают все остальные компоненты жилье, транспортная инфраструктура, общественное обслуживание и вспомогательные объекты. В таких ГЛК, если они развиваются по схеме сети взаимосвязанных рекреационных центров, часто каждый центр имеет четкую функциональную специализацию. Вместе с тем можно видеть как безусловные плюсы изначального планирования, так и минусы. В горной местности территориальные ресурсы всегда ограничены. В условиях таких ограничений, преследуя цель извлечения максимальной выгоды, часто прибегают к уплотнению застройки. При этом возникают вопросы удачности сформированной архитектурной среды. Можно проследить несколько подходов при проектировании новых ГЛК:

Подражание местной архитектуре создание поселков из небольших шале или малоэтажных блокированных зданий и максимальное вписывание в ландшафт. Такой подход привлекает своим минимальным влиянием на окружающую природу, но налицо ограниченность в размещении туристов и концентрации общественных функций. Обычно это небольшие ГЛК или рекреационные центры в структуре взаимосвязанных рекреационных центров.

Создание более плотной 3-5 этажной блокированной и террасированной застройки. При таком подходе повышается влияние на окружающий ландшафт и велик риск нарушения целостности архитектурной и природной сред.

Подход, при котором создается один крупный объект комплекс, включающий в себя номерной фонд и общественные площади. На относительно небольшом участке возводится внушительная структура, в которой реализуются различные приемы пластического формирования архитектурного объекта (Эм Ла-Плань). При этом можно добиться яркого, запоминающегося образа, но очень трудно достичь гармонии с природной средой.

Формирование высокоплотной многоэтажной урбанизированной среды своеобразного «города в горах» (Флен, Аворья). При многих плюсах коммерческого характера, высокой концентрации и быстрой доступности общественных функций, нарушается природный контекст, созданная искусственная среда несет в себе явные признаки типичной городской среды и теряет связь с природным окружением, которая является первостепенной при создании горной рекреации.

Заключение. Выводы

По результатам исследования становится ясно, что градостроительные аспекты формирования горнолыжных курортов оказывают значительное влияние на создание гармоничной и функциональной архитектурной среды. Составление генерального плана важнейший этап проектирования ГЛК. На основе международной практики проектирования следует выбрать верное градостроительное решение и минимизировать возможные отрицательные эффекты при создании архитектурной среды горнолыжного курорта.

Литература

1. Крапивина М. Г., Тикунова И. Н. Классификация горнолыжных курортов Европы // Наука. Инновации. Технологии. 2015. № 1. С. 161-173.
2. Караваева Н. М., Дайнеко Л. В. Разработка классификации горнолыжных комплексов в России // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2021. №3. С. 88-93.
3. Мелик-Пашаев А. И. Горные зоны отдыха. Особенности архитектурно-планировочных структур горно-рекреационных центров стран Западной Европы (Обзор) / А. И. Мелик-Пашаев. Москва: ЦИНИС Госстроя СССР, 1975. 59 с.
4. Максимов О. Г. Горно-рекреационные комплексы Шарлотты Перрьян (комплекс Лез-Арк, французские Альпы) // AMIT. 2012. Спецвыпуск. - С. 1-4.
5. A. Marnézy, C. Gauchon. Les domaines skiables reliés dans les Alpes françaises. In: Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, numéro 4, 2006. Transport et tourisme. pp. 115-124
6. Pierre Spandre, Hugues François, Samuel Morin et Emmanuelle george-Marcelpoil, « Snowmaking in the French Alps », Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine [En ligne], 103-2 | 2015, mis en ligne le 01 septembre 2015, consulté le 11 juillet 2026. URL : http://journals.openedition.org/rga/2913 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rga.2913
7. Lucas Berard-Chenu, Jonathan Cognard, Hugues François, Samuel Morin, Emmanuelle George. Do changes in snow conditions have an impact on snowmaking investments in French Alps ski resorts?. International Journal of Biometeorology, 2021, 65 (5), pp.659-675. ⟨10.1007/s00484-020-01933-w⟩. ⟨hal-02638122⟩.
8. https://www.skiresort.info/ (дата обращения: 10.07.2026).
9. https://www.ski.ru/ (дата обращения: 10.07.2026).
10. http://fanski.ru/ (дата обращения: 10.07.2026).
11. https://www.snow-forecast.com/ (дата обращения: 10.07.2026).
12. https://skigu.ru/ (дата обращения: 10.07.2026).
13. https://www.la-plagne.com/ (дата обращения: 10.07.2026).
14. Сугатова М.В. Принципы проектирования горнолыжных курортов // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Москва : МАРХИ, 2022. С. 197–198.
15. Теблоева Ф.В. Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования горно-рекреационных комплексов // ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ПРАКТИКЕ сборник статей по материалам XV международной научно-практической конференции. Том Часть 2(2). 2019. - Барнаул: Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2019. - С. 143-148.

An analysis of the design experience of European ski resorts: urban planning aspects

Vikhrenko G.I., Shevchenko L.P.
Southern Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

This paper presents the results of an analysis of urban planning aspects related to the development of ski resorts in Europe. A comparative analysis of ski resorts based on key indicators is conducted. Drawing on this comparative analysis and a graphic-analytical study of the spatial layout of recreational centers within these resorts, the paper formulates fundamental models and proposes a typology based on structural organization. Furthermore, it identifies the advantages and disadvantages of the architectural environment associated with the proposed types of ski resorts.

Keywords: ski resort, urban planning aspects, master plan, spatial layout, architectural environment.

References

1. Krapivina M. G., Tikunova I. N. Classification of ski resorts in Europe // Science. Innovations. Technologies. 2015. No. 1. Pp. 161–173.
2. Karavaeva N. M., Daineko L. V. Development of a Classification of Ski Resorts in Russia // Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN. 2021. No. 3. Pp. 88–93.
3. Melik-Pashaev A. I. Mountain Recreation Areas. Features of the Architectural and Planning Structures of Mountain-Recreational Centers in Western Countries. Europe (Review) / A. I. Melik-Pashaev. Moscow: TsINIS Gosstroya SSSR, 1975. 59 p.
4. Maksimov O. G. Mountain-recreational complexes by Charlotte Perrin (Les Arcs complex, French Alps) // AMIT. 2012. Special issue. - Pp. 1–4.
5. A. Marnézy, C. Gauchon. Les domaines skiables reliés dans les Alpes françaises. In: Collection EDYTEM. Cahiers de géographie, numéro 4, 2006. Transport et tourisme. pp. 115-124
6. Pierre Spandre, Hugues François, Samuel Morin et Emmanuelle george-Marcelpoil, « Snowmaking in the French Alps », Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine [En ligne], 103-2 | 2015, mis en ligne le 01 septembre 2015, consulté le 11 juillet 2026. URL : http://journals.openedition.org/rga/2913 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rga.2913
1. Lucas Berard-Chenu, Jonathan Cognard, Hugues François, Samuel Morin, Emmanuelle George. Do changes in snow conditions have an impact on snowmaking investments in French Alps ski resorts? International Journal of Biometeorology, 2021, 65 (5), pp.659-675. ⟨10.1007/s00484-020-01933-w⟩. ⟨hal-02638122⟩.
8. https://www.skiresort.info / (date of access: 07/10/2026).
9. https://www.ski.ru / (date of request: 07/10/2026).
10. http://fanski.ru / (date of access: 07/10/2026).
11. https://www.snow-forecast.com / (date of access: 07/10/2026).
12. https://skigu.ru / (date of request: 07/10/2026).
13. https://www.la-plagne.com / (date of access: 07/10/2026).
14. Sugatova M.V. Principles of designing ski resorts // Science, education and experimental design. Moscow: MARHI, 2022. Pp. 197–198.
15. Tebloeva F.V. Analysis of domestic and foreign experience in designing mountain-recreational complexes // INNOVATIONS IN SCIENCE AND PRACTICE: a collection of articles based on the materials of the 15th International Scientific and Practical Conference. Volume Part 2(2). 2019. – Barnaul: Dendra Limited Liability Company, 2019. – Pp. 143–148.

Типология жилища малой и средней этажности: международный опыт консьюмеристского, функционалистского, интеракционистского и инвайроменталистского подходов

Да Фонсека В. К. Моржадину
аспирант, кафедра архитектуры и реставрации, Российский университет дружбы народов (РУДН),

Халиль Иван
кандидат архитектуры, кафедра архитектуры и реставрации, Российский университет дружбы народов (РУДН)

Актуальность исследования обусловлена необходимостью переосмысления типологии жилых зданий малой и средней этажности в условиях глобальных социальных, экологических и экономических вызовов. Цель является выявить и систематизировать международные архитектурные подходы к формированию жилых объектов, рассматривая их через призму четырёх парадигм: консьюмеризм, функционализм, интеракционизм и инвайроментализм. Методология основана на сравнительном анализе знаковых проектов социального жилья XX–XXI веков. Результаты показали, что каждый подход предлагает свои принципы организации пространства от гибкости планировок до биоклиматической адаптации, причём наиболее перспективными для развивающихся стран признаны комбинированные стратегии, сочетающие низкую стоимость, участие жителей и экологическую эффективность. Выводы содержат практические рекомендации для проектирования доступного жилья в условиях жаркого влажного климата (на примере Сан-Томе и Принсипи), акцентируя необходимость интеграции элементов всех четырёх подходов.

Ключевые слова: жилище малой этажности, типология, консьюмеризм, функционализм, интеракционизм, инвайроментализм, устойчивая архитектура, социальное жильё, Сан-Томе и Принсипи.

Введение

Профессия архитектора носит междисциплинарный характер, поскольку результаты его труда, здания и среда, затрагивают экономические, социальные, технические и эстетические аспекты жизни общества. Особое значение сегодня приобретает жилище малой и средней этажности, которое составляет основу городской застройки во многих странах и непосредственно влияет на качество жизни горожан. При этом формирование типологии таких объектов часто происходит стихийно, без учёта мирового опыта и специфики локальных условий. Актуальность работы определяется недостаточной изученностью архитектурных решений для жилья в странах с тёплым климатом и ограниченными ресурсами, к числу которых относится Сан-Томе и Принсипи.

В диссертационных исследованиях этой страны практически отсутствуют систематизированные данные о применимости международных практик. Цель данной обзорной статьи структурировать существующий международный опыт по четырём основным идеологиям: консьюмеризм, функционализм, интеракционизм и инвайроментализм, оценить их сильные и слабые стороны и сформулировать рекомендации для адаптации в контексте островного государства.

Методология

Исследование выполнено методом аналитического обзора. Отбор проектов проводился по наличию чётко выраженной концепции, относящейся к одной из четырёх парадигм.

Для каждой парадигмы определены ключевые признаки:

консьюмеризм – акцент на удовлетворение индивидуальных предпочтений жителей, возможность достройки, вариативность;

функционализм – приоритет утилитарности, минимальных площадей, эффективной планировки, рационального использования материалов;

интеракционизм – создание общих пространств, стимулирование социальных контактов, межпоколенческое взаимодействие;

инвайроментализм – экологичность, энергоэффективность, биоклиматический дизайн, использование возобновляемых материалов.

Анализ проводился на основе открытых публикаций (журнальные статьи, монографии, сайты архитектурных бюро) за период 2000–2026 годов.

Результаты

Выявление консьюмеризма в архитектуре и его влияние на жилые объекты

Простота и утилитарность, привнесенные в архитектуру жилищ, должны отвечать вкусу и потребностям жильцов. Понимая потребности человека и проверяя, что существует общего, и расшифровывая их, чтобы каждый чувствовал себя удовлетворенным и мотивированным, даже если желание каждого человека отличается и не может быть удовлетворено индивидуально, архитектор должен найти баланс удовлетворения. Есть жильцы, которые хотели бы, чтобы стены их дома были деревянными, другие - кирпичными, третьи хотели бы иметь квадратные окна или предпочитали прямоугольные, а другие предпочитали различные виды цвета. У каждого есть личные права, тогда в этой дилемме сложно удовлетворить все желания потребителей, то есть жителей. Но архитекторы, пытаясь решить эту проблему, разработали модели жилья, которые могут свести к минимуму потребности жильцов, предоставив им большую свободу вмешиваться в свои квартиры [1]. С точки зрения нравственности человека, то есть человек-потребитель имеет право высказывать свое мнение и по-своему создавать среду обитания, которые изложены в следующих работах: Ле Корбюзье, Alejandro Aravena, Ada Tolla и Giuseppe Lignano (LOT-EK), Nicolas da Silva Lucas (ACAU), Р. Вентури, Д. Портман, А. Ромпаун.



Рис.1. Подбор несколько архитектурных здании относящего ко Консьюмеризму. Источник: организовано автором.

В 1914–1915 годах архитектор Ле Корбюзье разработал проект модульного здания со свободной планировкой[2]. Концепция предполагала участие

самих жителей в достройке собственных квартир по сути, каждый самостоятельно завершал формирование своего жилого пространства. Аналогия с игрой в домино отражала принцип сборки: пользователь «вставлял» желаемую планировочную сетку, формируя индивидуальную конфигурацию. Проект был ориентирован на массовое строительство. Конструктивно здание предусматривало возможность наращивания этажности в соответствии с меняющимися потребностями. План этажа базировался на системе бетонных плит, опирающихся на минимальное количество тонких железобетонных колонн, размещённых по краям.

Доступ к каждому уровню обеспечивался лестницами, расположенными с одной стороны плана этажа. Каркас проектировался полностью независимым от планировки помещений это позволяло варьировать внутреннюю конфигурацию без влияния на несущую систему. Целью новаторского решения было привлечение жителей за счёт предоставления им значительной степени свободы в формировании собственного жилья. В проектах чилийского архитектора Алехандро Аравены, лауреата Притцкеровской премии (2016), реализуется схожий принцип частичного вовлечения жителей в достройку жилья. Застройщик возводит наиболее технически сложные элементы санитарные узлы, кухни, лестницы и несущие стены, тогда как порядка 50 % площади (жилые комнаты, террасы) достраиваются самими жильцами. Такой подход позволяет снизить первоначальную стоимость жилья на 30–40 %, а также даёт семьям возможность поэтапно увеличивать площадь по мере роста доходов.

В проекте «Quinta Monroy» на участке площадью 0,5 га размещено 100 домов, каждый из которых включает базовую часть и специально предусмотренное пространство для пристроек [3]. Студия LOT-EK реализовала проект среднеэтажного жилого здания из переработанных морских контейнеров (Drivelines Studios). В рамках проекта созданы студийные квартиры с большими окнами и балконами[4]. Модульная структура позволяет жильцам объединять соседние ячейки, формируя более просторные жилые пространства. Целевой аудиторией проекта выступает молодёжь, заинтересованная в нестандартных архитектурных решениях и доступной аренде [4]. Проект студии Acau Architecture (Rigot Collective Dwelling Centre) представляет собой сборное деревянное здание, состоящее из 230 модулей и предназначенное для временного размещения мигрантов[5]. Гибкая модульная система обеспечивает трансформацию помещений под различные функциональные задачи от семейных квартир до хостелов. Особенностью конструкции является возможность полной разборки здания и повторного использования материалов на новом месте.

Вскрытие функционализма в архитектуре и его влияние на жилые объекты

Функционализм, зародившийся в начале XX века, утверждает примат функции над формой. Хотя он был разработан почти столетие назад, его наследие до сих пор проявляется в современной архитектуре и продолжает оказывать влияние на архитекторов по всему миру [6]. Здания проектируются с максимальной экономией площади, обеспечением инсоляции, проветриваемости и удобства перемещения[7].

Вопросы формирования типологии жилища (инсоляция, проветриваемость, функциональное зонирование, достаточная площадь, пожарная безопасность) с точки зрения минимально необходимых площадей и объёмы для осуществления жизнедеятельности, изложены в работах: И.С. Николаев, Ле Корбюзье, М.Я. Гинзбурга, Ханнес Майер, Якобус Йоханнес Питер Уд, Л. Мис Ван Дер Роэ, Бруно Таут, Джеймс Лоу.

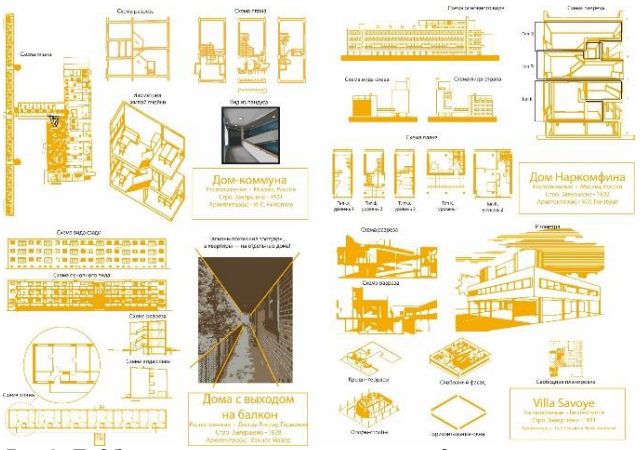


Рис.2. Подбор несколько архитектурных здании относящего ко Консьюмеризму. Источник: организовано автором.

Вилла Савойя, созданная французско-швейцарским архитектором Ле Корбюзье (Шарль-Эдуард Жаннере-Гри, 1887-1965), представляет собой резиденцию, спроектированную и построенную между 1928 и 29 годами в Пуасси, в парижском регионе. [8]. Хотя вилла Савойя является частным домом, её «пять принципов» (пилоты, свободный план, ленточные окна, терраса, свободный фасад) стали каноном для массового жилищного строительства. В проекте «Дом-Ино» предлагался железобетонный каркас с возможностью свободной планировки, что позволяло быстро возводить корпуса, а жильцы сами решали внутреннюю организацию – это был гибрид функционализма и консьюмеризма [9]. Дом Наркомфина был построен в Москве в 1928-1932 годах как прототип нового русского коллективистского жилища Товариществом современных архитекторов (ОСА) во главе с Моисеем Гинзбургом[10].

Жилой комплекс из ячеек типов F и K объединял компактные квартиры с общим коридором, который появлялся лишь через каждые три этажа. Площадь спальной ячейки составляла 3 м² на человека, а общая площадь квартиры – 48 м². Гинзбург реализовал принцип «социального кооператива», где коммунальные услуги (столовая, прачечная, детские комнаты) выносились в общее пользование, что позволяло снизить индивидуальные затраты. Дома с выходом на балкон имели доступ через галереи, экономившие внутренние коридоры. Фасады из неоштукатуренного кирпича, стальные рамы, железобетонные перемычки всё подчинено экономии. Ханнес Майер исходил из того, что семья из четырёх человек должна иметь все необходимое на 48 м². Эти объекты остаются эталоном рационального социального жилья[11]. Несмотря на простор, апартаменты с тремя спальнями были оборудованы кухней, ванной, туалетом, горячей водой и полом с подогревом[12].

Выражение интеракционизма в архитектуре и его влияние на жилые объекты

Интеракционизм базируется на идеях Л.С. Выготского и Ж. Пиаже о том, что развитие личности происходит через взаимодействие с другими людьми и средой. В архитектуре это выражается в создании общественных пространств, которые стимулируют общение, совместную деятельность и взаимопомощь. Вопросы формирования типологии жилища (центры общения, смешанность застройки, общинное жилище, приватность, публичность) с точки зрения взаимодействия между людьми, общение членов семьи, соседства, квартала, городского сообщества, освящены в трудах: Mark Gilbert (TC ZT GmbH), Moshe Safdie , Andrew Maynard и Mark Austin (Austin Maynard), Cristina Gamboa Masdevall и Carles Baiges Camprubí (Lacol), Я. Гелл, О. Ньюман, С. Чермаефф, К. Александер, Alfred Berger и Tiina Parkkinen (Berger Parkkinen), Marta Peris и José Toral (Peris Toral). Например, жилищный проект zwei+plus, завершенный в 2018 году, представляет собой инновационную концепцию содействия развитию международной жизни среди молодого и старшего поколений путем предложения субсидированного социального жилья в Линце, Австрия. Он состоит из четырех зданий L-образной формы, которые образуют зеленые дворы, создавая среду обитания, ориентированную на сообщество[13].

На первых этажах размещены общественное кафе, прачечная, детский сад и дом престарелых. Квартиры сгруппированы в «тандемы» для двух семей разных поколений, которые въезжают одновременно и обязуются поддерживать друг друга. Проект субсидируется государством и способствует межпоколенческой солидарности. Habitat 67, новаторский жилой проект Safdie Architects в Монреале, установил новую парадигму городского жилья благодаря модульному подходу сборных конструкций[14]. Первоначально задуманный как центральный элемент Всемирной выставки в Монреале 1967 года, этот проект был направлен на интеграцию пространственных качеств пригородной жизни в густонаселенный городской контекст.

365 сборных бетонных модулей образуют 158 резиденций с частными садами на крышах и террасами. Пешеходные улицы и лифты на каждом четвёртом этаже обеспечивают доступность. Проект демонстрирует, как высокая плотность застройки может сочетаться с ощущением индивидуального дома. В 2019–2021 годах комплекс прошёл реновацию, подтвердив свою долговечность. Процесс Ла Борда начался в 2012 году во время кампании по восстановлению коричневого квартала Кан Бальо, когда группа соседей решила собраться вместе, чтобы вместе решить проблему доступа к жилью. С самого начала кампании архитектурный кооператив Lacol стремится построить альтернативу в разгар серьезного жилищного кризиса в Барселоне[15]. 25% площади отведено под общие помещения: кухня 80 м², многофункциональный зал, гостевые комнаты, прачечная, велопарковка. Энергопотребление близко к нулю благодаря биоклиматическим решениям и котлу на биомассе [16].

Лоцирование инвайроментализа в архитектуре и его влияние на жилые объекты

Инвайронментали́зм (от англ. environment – окружающая среда, природа), общетеоретическая и мировоззренческая ориентация, в центре внимания которой находится взаимодействие общества и природы [17]. Инвайроментализм как мировоззренческая ориентация ставит во главу угла гармонию общества и природы.

В архитектуре это проявляется через биоклиматический дизайн, использование местных материалов, энергоэффективность и минимизацию отходов. Вопросы формирования типологии жилища (экологичность, устойчивость, энергоэффективность, возобновление источников энергии, дружелюбность к среде, естественная среда, адаптивность), изложены в работах: У. Макдонах, К. Йен, С. Ван дер Рин, Anne Lacaton и Jean-Philippe Vassal (Lacaton Vassal), Benjamin Fleury, Rickard Stark (OKIDOKI), Бьярке Ингельс, Bob Berkebile, Benjamin Fleury, Pascal Chombart de Lauwe и Étienne Chevreul-Demas (Tectône), Jean-Pierre Comte и Daniel Vollenweider (Comte Vollenweider), Julien

Odile и Michaël Guzy (Odile Guzy), Jacques Sebbag, Laurent Boudrillet, Anne Pezzoni, и Bernard Guillien (Archi5).

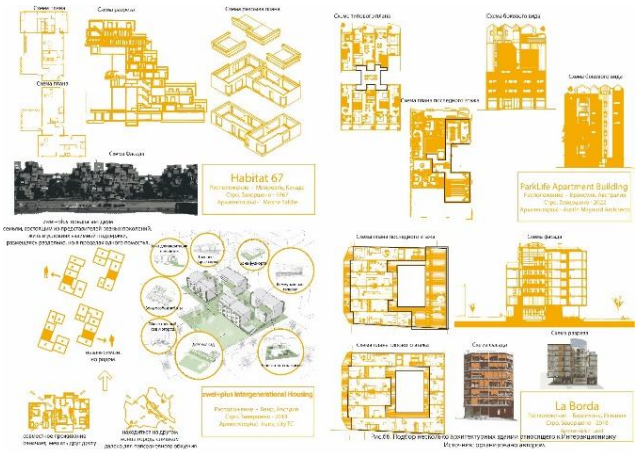


Рис.3. Подбор несколько архитектурных здании относящего к Интеракционизму. Источник: организовано автором.

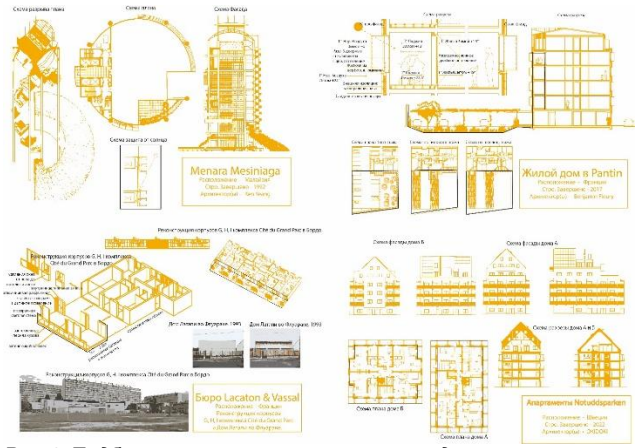


Рис.4. Подбор несколько архитектурных здании относящего к инвайроментализму. Источник: организовано автором.

Доктор Кен Йеанг считает, что благодаря особому «зеленому» подходу, основанному на эстетике и экологии, можно интегрировать природу во все современные структуры, не только экологически чистые, но и элегантные[18].

Он проектировал15-этажную башню с биоклиматической спиралью, небесными садами, которые обеспечивают естественную вентиляцию и затенение. Фасады защищены алюминиевыми жалюзи, ориентация на солнце учтена. Это один из первых небоскрёбов, где пассивные стратегии применены системно. Архитекторы Lacaton & Vassal отказались от сноса трёх многоэтажных социальных домов и вместо этого пристроили к каждому жилью зимние сады и балконы глубиной до 3,8 м. Это увеличило полезную площадь на 30%, улучшило инсоляцию и вентиляцию, не выселяя жильцов. Проект демонстрирует, как «зелёная» реабилитация может быть дешевле нового строительства и социально справедливее [19]. Апартаменты Notuddsparken стали символом устойчивой архитектуры и инновационных жилищных решений. Этот комплекс, спроектированный известной архитектурной фирмой OKIDOKI, устанавливает новый стандарт для экологически чистых жилых зданий в Швеции[20].. Два здания с деревянным каркасом, фасады из термообработанной древесины, металлические кровли с солнечными панелями. Социальная модель предусматривает выделение 5% квартир некоммерческим организациям по сниженной арендной плате [21]. Золотой сертификат FEBY подтверждает сверхнизкое энергопотребление и минимальный углеродный след.

Обсуждение

Проведённый анализ показывает, что каждый из четырёх подходов имеет свои достоинства и ограничения. Консьюмеризм наиболее гибок и учитывает индивидуальные запросы, но может приводить к хаотичности застройки и перегрузке инфраструктуры. Функционализм обеспечивает экономию ресурсов и чёткое зонирование, однако часто воспринимается как слишком аскетичный и порождает дефицит социальных связей. Интеракционизм укрепляет сообщества, но требует сложных механизмов управления и готовности жителей к совместному быту. Инвайроментализм снижает экологический ущерб, однако его внедрение связано с более высокой начальной стоимостью (хотя в долгосрочной перспективе окупается). Для условий Сан-Томе и Принсипи, где климат жаркий и влажный, строительные ресурсы ограничены, а уровень доходов населения невысок, наиболее рациональной представляется интегративная модель, сочетающая элементы всех четырёх подходов:

Каркасная система (как у Аравены или «Дом-Ино») позволяет семьям постепенно расширять жильё, что снижает первоначальные инвестиции (консьюмеризм);

Компактные планировки с общими санитарными узлами (как у Гинзбурга) экономят площадь и материалы (функционализм);

Общие дворы и крытые галереи (как в La Borda или zwei+plus) стимулируют соседское общение и взаимопомощь (интеракционизм);

Пассивное охлаждение (ориентация, затенение, естественная вентиляция) и использование местных возобновляемых материалов (бамбук, дерево) снижают энергозатраты и вписывают здания в ландшафт (инвайроментализм).

Важно отметить, что успешная адаптация требует не только архитектурных решений, но и соответствующей градостроительной политики: субсидий на достройку, кооперативных моделей владения, обучения местных строителей современным технологиям.

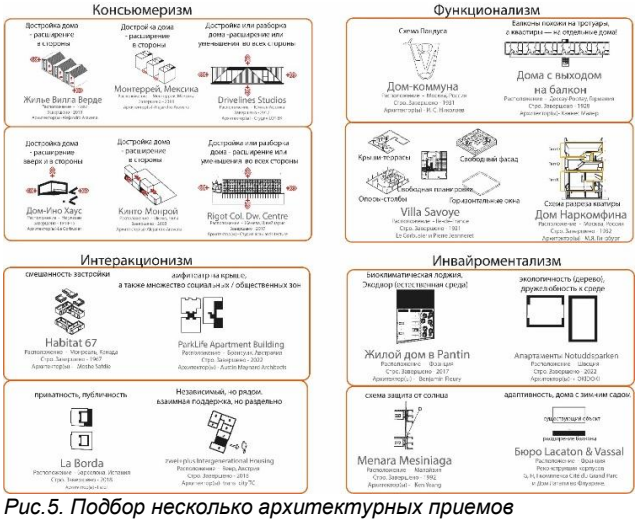


Рис.5. Подбор несколько архитектурных приемов относящего к консьюмеризму, функционализму, инвайроментализм, инвайроментализму. Источник: организовано автором.

Заключение

Международный опыт демонстрирует четыре устойчивые парадигмы формирования типологии жилья малой и средней этажности: консьюмеристскую (гибкость, достройка), функционалистскую (экономия, рациональность), интеракционистскую (социальная связность) и инвайроменталистскую (экологическая эффективность).

Наиболее эффективные проекты последнего десятилетия (La Borda, Notuddsparken, Grand Parc) являются гибридными, сочетающими элементы разных подходов. Это подтверждает, что в современных условиях нельзя ограничиваться одной идеологией.

Для Сан-Томе и Принсипи оптимальной является стратегия «открытого каркаса» с возможностью поэтапной достройки, с обязательным включением общественных пространств и использованием биоклиматических приёмов, адаптированных к тропическому климату.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку конкретных типологических вариантов для островного государства с учётом его культурных особенностей, доступных материалов и местных строительных традиций.

Литература

1. Flint J., Rowlands R. Commodification, normalisation and intervention: Cultural, social and symbolic capital in housing consumption and governance // Journal of Housing and the Built Environment. 2003.
2. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. 2001. Т. 1. 656 с.
3. Elemental. DOWNLOAD HERE: 4 INCREMENTAL HOUSING PROJECTS [Электронный ресурс] // elementalchile.cl. 2023. URL: https://www.elementalchile.cl/en/.
4. Peters S. Propertuity, LOT-EK collaborate on SA's first large-scale residential container development [Электронный ресурс] // bizcommunity.com. 2017. URL: https://www.bizcommunity.com/Article/196/492/167986.html.
5. acau N. Rigot Collective Dwelling Centre [Электронный ресурс] // acau architecture sa. 2023. URL: https://www.acau.ch.
6. Да Фонсека В. К. М. Историческое исследование модернизма в африканской архитектуре малоэтажного социального жилья. 2020. Т. 3, № 2. С. 55–63.
7. Гармашова Е. П., Дребот А. М., Федорченко Е. А. Функционализм В Архитектуре: Предпосылки Возникновения и Основные Принципы. 2022. С. 9–13.
8. Копылова Л., Тарабарина Ю. 15 фактов о доме Наркомфина. 2018.

9. Геташвили Н. Ле Корбюзье: научно-популярное издание. Комсомольская правда,. Москва: Директ-Медиа, 2014. Т. 4. 72 с.
10. Гинзбург М. Я. Стиль и Эпоха. Проблемы современной архитектуры. ГБУК г. Москвы «Центральная библиотека им. Н.А. Некрасова», 1924.
11. Bauhaus D. Дома с выходом на балкон (Laubenganghäuser) [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://bauhaus-dessau.de/orte/laubenganghaeuser/.
12. Райнер К. В. Ханнес Майер и идея коллективного дизайна [Электронный ресурс] // www.portalkunstgeschichte.de. 2015. URL: https://www.portalkunstgeschichte.de/meldung/das_prinzip_coop_____hannes_meyer_und_die_idee_einer_kollektiven_gestaltung__stiftung_bauhaus_dessau__bis_4__oktober_2015-7055.html.
13. Pintos P. STA | zwei+plus Intergenerational Housing / trans_city TC. 2020.
14. safdie architects. Habitat '67 [Электронный ресурс] // safdiearchitects.com. URL: https://www.safdiearchitects.com/projects/habitat-67.
15. Kafka G. Sustainable building, sustainable living: La Borda, Barcelona by Lacol [Электронный ресурс] // architects journal. 2020. URL: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol.
16. Kaltenbach F. La Borda in Barcelona by Lacol [Электронный ресурс] // Detail. 2022. URL: https://www.detail.de/de_en/la-borda-in-barcelona-von-lacol.
17. Баньковская С. П. Инвайронментализм - Большая российская энциклопедия. научно-образовательный портал.
18. Yeang K. A Life in Architecture: From the East to the West and Back. Paperback. 2019. 224 c.
19. Vogiatzaki M. Lacaton and Vassal: how this year's Pritzker prize could spark an architectural revolution [Электронный ресурс] // theconversation.com. 2021. URL: https://theconversation.com/lacaton-and-vassal-how-this-years-pritzker-prize-could-spark-an-architectural-revolution-157636.
20. UNI Editorial published B. Sustainable Architecture in Sweden: A Closer Look at Notuddsparken Apartments by OKIDOKI [Электронный ресурс]: uni.xyz. 2024. URL: https://uni.xyz/journal/sustainable-architecture-in-sweden-a-clo.
21. Stark R. "5 procent-modellen bygger på att låta även brf-marknaden ta socialt ansvar för bostadssituationen i samhället." [Электронный ресурс] // okidokiarkitekter.se. 2020. URL: https://www.okidokiarkitekter.se/notuddsparken/.

Typology of Low- and Medium-Rise Housing: International Experience of Consumerist, Functionalist, Interactionist and Environmentalist Approaches

Da Fonseca V. C. Morjadino, Khalil I.
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)

JEL classification: L61, L74, R53

The relevance of the study is driven by the need to rethink the typology of low- and medium-rise residential buildings in the face of global social, environmental and economic challenges. To identify and systematise international architectural approaches to the formation of housing objects through the lens of four paradigms: consumerism, functionalism, interactionism and environmentalism. The methodology is based on a comparative analysis of landmark social housing projects of the 20th and 21st centuries. It is shown that each approach offers its own principles of spatial organisation – from flexible layouts to bioclimatic adaptation – and that the most promising strategies for developing countries are combined models that integrate low cost, resident participation and environmental efficiency. The findings provide practical recommendations for designing affordable housing in hot and humid climates (using São Tomé and Príncipe as a case study), emphasising the need to integrate elements from all four approaches.

Keywords: low-rise housing, typology, consumerism, functionalism, interactionism, environmentalism, sustainable architecture, social housing, São Tomé and Príncipe.

References

1. Flint J., Rowlands R. Commodification, normalisation and intervention: Cultural, social and symbolic capital in housing consumption and governance // Journal of Housing and the Built Environment. 2003.
2. Ikonnikov A. V. Architecture of the 20th Century: Utopias and Reality. 2001. Vol. 1. 656 p.
3. Elemental. DOWNLOAD HERE: 4 INCREMENTAL HOUSING PROJECTS [Electronic resource] // elementalchile.cl. 2023. URL: https://www.elementalchile.cl/en/.
4. Peters S. Propertuity, LOT-EK collaborate on SA's first large-scale residential container development [Electronic resource] // bizcommunity.com. 2017. URL: https://www.bizcommunity.com/Article/196/492/167986.html.
5. acau N. Rigot Collective Dwelling Centre [Electronic resource] // acau architecture sa. 2023. URL: https://www.acau.ch.
6. Da Fonseca V. K. M. A Historical Study of Modernism in African Low-Rise Social Housing Architecture. 2020. Vol. 3, No. 2. pp. 55–63.
7. Garmashova E. P., Drebot A. M., Fedorchenko E. A. Functionalism in Architecture: Prerequisites for Emergence and Core Principles. 2022. pp. 9–13.
8. Kopylova L., Tarabarina Yu. 15 Facts About the Narkomfin Building. 2018.
9. Getashvili N. Le Corbusier: A Popular Science Edition. Komsomolskaya Pravda. Moscow: Direct-Media, 2014. Vol. 4. 72 p.
10. Ginzburg M. Ya. Style and Epoch: Problems of Modern Architecture. N. A. Nekrasov Central Library (Moscow), 1924.
11. Bauhaus D. Balcony-Access Housing (Laubenganghäuser) [Electronic resource]. 2024. URL: https://bauhaus-dessau.de/orte/laubenganghaeuser/.
12. Rainer K. W. Hannes Meyer and the Idea of Collective Design [Electronic resource] // www.portalkunstgeschichte.de. 2015. URL: https://www.portalkunstgeschichte.de/meldung/das_prinzip_coop_____hannes_meyer_und_die_idee_einer_kollektiven_gestaltung__stiftung_bauhaus_dessau__bis_4__oktober_2015-7055.html.
13. Pintos P. STA | zwei+plus Intergenerational Housing / trans_city TC. 2020.
14. Safdie Architects. Habitat '67 [Electronic resource] // safdiearchitects.com. URL: https://www.safdiearchitects.com/projects/habitat-67.
15. Kafka G. Sustainable Building, Sustainable Living: La Borda, Barcelona by Lacol [Electronic resource] // The Architects' Journal. 2020. URL: https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/sustainable-building-sustainable-living-la-borda-barcelona-by-lacol.
16. Kaltenbach F. La Borda in Barcelona by Lacol [Electronic resource] // Detail. 2022. URL: https://www.detail.de/de_en/la-borda-in-barcelona-von-lacol.
17. Bankovskaya S. P. Environmentalism — Great Russian Encyclopedia (scientific and educational portal).
18. Yeang K. A Life in Architecture: From the East to the West and Back. Paperback. 2019. 224 p.
19. Vogiatzaki M. Lacaton and Vassal: how this year's Pritzker prize could spark an architectural revolution [Electronic resource] // theconversation.com. 2021. URL: https://theconversation.com/lacaton-and-vassal-how-this-years-pritzker-prize-could-spark-an-architectural-revolution-157636.
20. UNI Editorial. Sustainable Architecture in Sweden: A Closer Look at Notuddsparken Apartments by OKIDOKI [Electronic resource] // uni.xyz. 2024. URL: https://uni.xyz/journal/sustainable-architecture-in-sweden-a-clo.
21. Stark R. "5 procent-modellen bygger på att låta även brf-marknaden ta socialt ansvar för bostadssituationen i samhället." [Electronic resource] // okidokiarkitekter.se. 2020. URL: https://www.okidokiarkitekter.se/notuddsparken/.

Архитектурный подход к трансформации сквозных процессов управления цепями поставок на основе методологии TOGAF ADM

Капля Илья Романович
аспирант, кафедра Базовая кафедра цифровой экономики института развития информационного общества, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, kaplyair@gmail.com

Актуальность исследования обусловлена необходимостью системной перестройки процессов управления цепями поставок в крупных промышленных холдингах при переходе на интегрированные ERP-платформы нового поколения. Фрагментация процессов, отсутствие единой архитектурной логики и несогласованность методологических решений с техническими настройками системы являются ключевыми барьерами цифровой трансформации предприятия. **Цель работы** - разработка архитектурного подхода к трансформации сквозных процессов управления цепями поставок на основе методологии TOGAF Architecture Development Method (ADM) и референтной модели SCOR, а также оценка его применимости для проектов миграции на корпоративные информационные системы класса ERP. **Методы исследования** включают системный анализ 52 целевых карт бизнес-процессов, сравнительный анализ архитектуры «как есть» и «как должно быть» с использованием фаз ADM, декомпозицию процессов управления цепями поставок в соответствии с моделью SCOR, а также статистическую обработку данных о типах процессных изменений. **Результаты** показывают, что применение фаз TOGAF ADM (от Preliminary Phase до Phase G) в сочетании с процессной моделью SCOR (Plan, Source, Make, Deliver, Return, Enable) позволяет структурировать разработку 28 новых и 12 значительно изменённых процессов, обеспечивая прослеживаемость требований от бизнес-архитектуры до архитектуры технологической. Разработана модель «методологической обвязки», включающая 64 методических решения и 12 проектных документов, синхронизирующих бизнес-логику с настройками системы. **Практическая значимость** заключается в возможности тиражирования предложенного архитектурного подхода в ресурсодобывающих и перерабатывающих компаниях, осуществляющих переход на отечественные или импортозамещённые ERP-решения.

Ключевые слова: архитектура предприятия, TOGAF, ADM, SCOR, сквозные бизнес-процессы, управление цепями поставок, трансформация закупок, ERP-система, реинжиниринг, системный анализ.

Современный этап цифровой трансформации крупного бизнеса характеризуется переходом от функционально-ориентированных информационных систем к процессно-ориентированным архитектурам, обеспечивающим управление сквозными процессами создания ценности. Внедрение корпоративных информационных систем класса ERP сопряжено с необходимостью не только технической модернизации ИТ-ландшафта, но и глубокого переосмысления методологии исполнения бизнес-процессов. Как показывают исследования российского рынка ERP, скорость организационных изменений на предприятиях часто превышает адаптационные возможности унаследованных систем, что превращает ИТ-инфраструктуру в сдерживающий фактор развития [1]. Особую остроту эта проблема приобретает в крупных холдинговых структурах, где процессы управления цепями поставок охватывают десятки дочерних обществ с различной отраслевой спецификой и территориальной удалённостью.

Научная проблема, рассматриваемая в настоящей статье, заключается в отсутствии формализованного подхода к синхронизации детализации процессных моделей с функциональными возможностями целевой ERP-платформы. Анализ проектной документации по трансформации процессов управления цепями поставок в одной из крупнейших вертикально интегрированных промышленных компаний федерального уровня (далее - Компания) показывает, что в рамках подготовки к внедрению интегрированной ERP-системы было разработано 52 целевые карты процессов, из которых 28 являются абсолютно новыми, а 12 претерпели значительные изменения. Этот факт отражает масштаб требуемой методологической перестройки и обосновывает необходимость применения системного архитектурного подхода.

Цель настоящего исследования - на основе методологии TOGAF Architecture Development Method (ADM) и референтной модели SCOR разработать архитектурный подход к трансформации сквозных процессов управления цепями поставок и оценить его применимость для проектов миграции на корпоративные информационные системы класса ERP. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач: обосновать выбор методологии TOGAF ADM и модели SCOR в качестве концептуальной основы архитектурной трансформации; провести декомпозицию целевой процессной модели управления цепями поставок с привязкой к фазам ADM и процессам SCOR; классифицировать типы изменений по сравнению с состоянием «как есть»; описать методический инструментарий, обеспечивающий соответствие бизнес-логики техническим настройкам системы.

Объектом исследования выступает архитектура процессов управления цепями поставок крупного российского промышленного холдинга - группы юридически самостоятельных производственных, сбытовых и сервисных компаний (дочерних обществ), которые объединяются под единым стратегическим управлением материнской компании. Предмет исследования - методы формализации и детализации процессных моделей при переходе на интегрированную ERP-платформу с использованием методологии TOGAF ADM и референтной модели SCOR.

Методология TOGAF (The Open Group Architecture Framework) представляет собой признанный отраслевой стандарт разработки архитектуры предприятия, обеспечивающий структурированный подход к планированию, проектированию, реализации и управлению изменениями архитектуры) выступила теоретической основой исследования. Ядром TOGAF является метод разработки архитектуры (Architecture Development Method, ADM) - итеративная процессная модель, включающая последовательность фаз от предварительной (Preliminary Phase) до управления изменениями архитектуры (Phase H) [3].

Ключевые фазы ADM, использованные в настоящем исследовании, включают:

Preliminary Phase - подготовка организации к архитектурному проекту, определение принципов архитектуры и выбор инструментария.

Phase A: Architecture Vision - определение scope, ограничений и ожиданий проекта, формулирование видения целевой архитектуры.

Phase B: Business Architecture - разработка бизнес-архитектуры, включая описание целевых бизнес-процессов и организационной структуры.

Phase C: Information Systems Architectures - проектирование архитектуры информационных систем (данные и приложения).

Phase D: Technology Architecture - разработка технологической архитектуры.

Phase E: Opportunities & Solutions - оценка и выбор вариантов реализации целевой архитектуры.

Phase F: Migration Planning - планирование миграции, анализ затрат и рисков.

Phase G: Implementation Governance - управление реализацией архитектурных решений.

Для структурирования бизнес-архитектуры (Phase B ADM) в исследовании использована референтная модель SCOR (Supply Chain Operations Reference) [2], разработанная международной организацией

APICS/ASCM, как основа декомпозиции процессов. Модель выделяет шесть ключевых процессов управления цепями поставок, охватывающих все этапы удовлетворения спроса:

Plan (Планирование) - процессы выравнивания совокупного спроса и предложения для разработки плана действий, соответствующего бизнес-правилам компании. Включает планирование спроса, планирование поставок, планирование производства, балансировку ресурсов, согласование логистического плана с финансовым.

Source (Снабжение / Закупки) - процессы закупки товаров и услуг для удовлетворения плановых или фактических потребностей. Включает выбор поставщика, управление контрактами и платежами, оценку эффективности поставщиков, управление запасами сырья и комплектующих.

Make (Производство) - процессы преобразования сырья и материалов в готовую продукцию. Включает управление производственными мощностями, составление расписания производства, контроль качества, упаковку и выпуск продукции.

Deliver (Доставка / Исполнение) - процессы доставки готовой продукции конечным или промежуточным клиентам. Включает управление заказами клиентов, управление складами, управление транспортировкой, управление распределением и своевременную доставку.

Return (Возвраты) - процессы обратного потока товаров от клиентов к производителю или от производителя к поставщику. Включает обработку возвратов, управление гарантийными случаями, утилизацию, переработку или восстановление продукции (реверсивная логистика).

Enable (Обеспечение / Поддержка) - управление поддерживающими процессами, создающими инфраструктуру для эффективного функционирования всех остальных. Включает управление данными (НСИ), управление рисками, соблюдение нормативных требований, управление персоналом и ИТ-поддержку.

Интеграция модели SCOR с методологией TOGAF ADM позволяет, с одной стороны, обеспечить архитектурную прослеживаемость требований (от бизнес-видения до технологической реализации), а с другой - использовать отраслевой стандарт для декомпозиции процессов управления цепями поставок, что снижает риски пропуска критически важных функциональных областей.

Для системного анализа архитектуры процессов использовались:

Нотация моделирования бизнес-процессов BPMN 2.0, применённая при разработке карт процессов планирования потребности, управления заказами на поставку и других.

Инструменты архитектурного моделирования для построения матриц «как есть» - «как должно быть» в соответствии с фазами B–D ADM.

Функциональные модули целевой ERP-системы (управление материальными потоками, планирование производства, управление закупками) как платформа автоматизации процессов SCOR.

Для количественной оценки масштаба изменений применялся метод описательной статистики (подсчёт абсолютных и относительных частот распределения бизнес-процессов по функциональным категориям (например, "Планирование", "Производство", "Мониторинг" в рамках модели SCOR) с последующим расчётом их долей в общем объёме выборки, и долей процессов различных категорий) [4]. Для анализа эффективности предложенных решений использовался метод экспертных оценок на основе данных о прогнозируемом сокращении времени обработки заявок [5,6].

Результаты

Проведённый системный анализ позволил выявить следующую структуру изменений процессной модели управления цепями поставок (таблица 1).

Таблица 1

Классификация изменений в процессной модели управления цепями поставок

Тип изменения	Количество процессов	Доля от общего числа (n=52), %
Новые процессы	28	53,8
Значительно изменённые процессы	12	23,1
Частично изменённые процессы	12	23,1

Источник: составлено автором.

Декомпозиция 52 целевых процессов по шести функциональным областям модели SCOR представлена в таблице 2. Распределение показывает, что наибольшая концентрация изменений приходится на процессы Source (снабжение) и Plan (планирование), что отражает специфику трансформации закупочной функции.

Применение фаз TOGAF ADM позволило структурировать процесс трансформации и обеспечить прослеживаемость архитектурных решений. В таблице 3 приведено соответствие ключевых архитектурных артефактов фазам ADM с указанием взаимосвязи с процессами SCOR.

Таблица 2

Распределение процессов управления цепями поставок по функциональным областям SCOR

Процесс SCOR	Содержание процесса	Количество процессов	Доля от общего числа, %
Plan (Планирование)	Планирование спроса, поставок и производства; балансировка ресурсов	13	25,0
Source (Снабжение)	Выбор поставщиков, управление контрактами, закупки	20	38,5
Make (Производство)	Управление производственными мощностями, контроль качества	3	5,8
Deliver (Доставка)	Управление заказами, складами, транспортировкой	9	17,3
Return (Возвраты)	Обработка возвратов, реверсивная логистика	2	3,8
Enable (Обеспечение)	Управление данными (НСИ), рисками, персоналом, ИТ-поддержка	5	9,6
Итого:		**52**	**100**

Источник: составлено автором на основе декомпозиции процессов по модели SCOR.

Таблица 3

Соответствие архитектурных артефактов фазам TOGAF ADM и процессам SCOR

Фаза ADM	Содержание работ	Процессы SCOR	Архитектурные артефакты
Preliminary Phase	Определение принципов архитектуры, выбор методологии	Enable	Принципы архитектуры, план проекта
Phase A: Architecture Vision	Формулирование целевого видения сквозного процесса управления цепями поставок	Plan	Vision-документ, Statement of Architecture Work
Phase B: Business Architecture	Разработка целевой бизнес-архитектуры (52 карты процессов)	Plan, Source, Make, Deliver, Return, Enable	Карты процессов в нотации BPMN, организационно-функциональные матрицы
Phase C: Information Systems Architectures	Проектирование архитектуры данных и приложений	Enable	Каталог опросных листов, каталог аналогов, спецификации данных
Phase D: Technology Architecture	Определение технологической архитектуры ERP-платформы	Enable	Ландшафт системы, интеграционные точки, требования к инфраструктуре
Phase E: Opportunities & Solutions	Оценка вариантов реализации целевой архитектуры	Plan, Source, Deliver	Перечень проектных решений по автоматизации
Phase F: Migration Planning	Планирование миграции и разработка дорожной карты	Enable	Дорожная карта трансформации
Phase G: Implementation Governance	Управление реализацией архитектурных решений	Enable	Архитектурные контракты, контроль соответствия

Источник: составлено автором на основе фаз TOGAF ADM и модели SCOR.

Ключевые архитектурные изменения, зафиксированные в целевых картах процессов, систематизированы в таблице 4 с указанием принадлежности к процессам SCOR.

Таблица 4

Сравнительный анализ архитектуры процессов «как есть» и «как должно быть»

Процесс SCOR	Элемент процесса	Состояние «как есть»	Целевое состояние	Системный эффект
Plan	Регистрация потребности	Ручной ввод данных, отсутствие контроля лимитов	Автоматический контроль бюджета, связь с производственной программой	Снижение ошибок планирования на 25–30% (оценка)
Plan	Лотирование и консолидация	Ручная группировка заявок специалистом	Автоматическое определение ответственного и маршрута согласования	Сокращение цикла закупки на 20–40%
Source	Управление запасами	Статичный пересчёт, отсутствие связи с потребностью	Алгоритм планирования потребности с распределением запасов между подразделениями, метод FEFO	Оптимизация складских остатков

Процесс SCOR	Элемент процесса	Состояние «как есть»	Целевое состояние	Системный эффект
Source	Оценка поставщиков	Неформализованный процесс	Новый процесс с автоматизированной оценкой и сегментацией	Повышение качества закупаемой продукции
Deliver	Мониторинг поставок	Отсутствие контроля промежуточных событий	Автоматический мониторинг контролируемых событий между заключением договора и поставкой	Своевременное выявление отклонений
Enable	Управление НСИ	Разрозненные справочники, отсутствие каталога аналогов	Единый каталог опросных листов и аналогов, классификация МТР	Повышение качества данных для алгоритмов планирования

Источник: составлено автором на основе анализа карт процессов управления цепями поставок.

Особое внимание в ходе трансформации было уделено методологической «обвязке» процессов - созданию комплекса документов, обеспечивающих однозначную интерпретацию бизнес-требований при настройке системы. В общей сложности разработано 64 методологических решения, отражающих специфику исполнения процессов, и 12 проектных решений, формализующих требования к автоматизации. Примером такого решения является проектный документ «Регистрация потребности и формирование объема закупок» (процесс Plan), детализирующий алгоритмы автоматического планирования распределения запасов в соответствии с потребностью и варианты удовлетворения потребности за счёт запасов других подразделений.

Анализ интеграционных точек выявил необходимость увязки процессов управления цепями поставок со смежными процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР), с производственным планированием (процесс Make), а также формирования требований к автоматическому обновлению потребности при изменении производственной программы и к повышению качества нормативно-справочной информации (процесс Enable), что и было выполнено в рамках проекта.

Разработанная дорожная карта детализации процессов включает четыре этапа: диагностика (анализ 52 процессов «как есть» с декомпозицией по модели SCOR), моделирование (разработка целевых карт в нотации BPMN), методологическая обвязка (создание 64 методик и 12 проектных документов) и автоматизация (настройка целевой ERP-системы). Ожидаемые эффекты от внедрения включают снижение трудозатрат на формирование отчётности за счёт автоматического заполнения полей из системы и возможность расчёта ключевых показателей деятельности (КПД) на основании разработанных аналитических отчётов.

Полученные результаты согласуются с выводами ведущих аналитических центров, отмечающих централизацию и переход к сквозным процессам как главные требования к современным ERP-системам [7]. В отличие от монолитных подходов прошлых лет, предложенная в Компании модель, включающая 52 детализированные карты процессов, соответствует концепции «гибкой архитектуры» (Post-modern ERP), где ядро ERP-системы дополняется специализированными методическими надстройками, обеспечивающими отраслевую специфику без избыточной кастомизации кода.

Применение методологии TOGAF ADM в сочетании с референтной моделью SCOR обеспечило ряд существенных преимуществ. Во-первых, модель SCOR позволила структурировать бизнес-архитектуру (Phase B) по шести функциональным областям, что обеспечило полноту охвата процессов и снизило риск пропуска критически важных функций. Во-вторых, чёткое разделение фаз B (Business Architecture) и C (Information Systems Architectures) позволило синхронизировать разработку бизнес-требований с проектированием архитектуры данных и приложений. В-третьих, Phase E (Opportunities & Solutions) обеспечила обоснованный выбор проектных решений из множества альтернатив, а Phase G (Implementation Governance) создала механизм контроля соответствия реализуемых решений утверждённой архитектуре.

Анализ распределения процессов по областям SCOR показал, что наибольшая концентрация изменений приходится на процессы Source (38,5%) и Plan (25,0%), что отражает специфику трансформации закупочной функции как ядра проекта. Вместе с тем, процессы Enable (9,6%) и Return (3,8%) также потребовали существенной переработки, что свидетельствует о комплексном характере трансформации, охватывающей не только основные, но и поддерживающие и обратные потоки.

Важным аспектом является первичность методологической проработки по отношению к технической настройке. Как показывает анализ кейса, 53,8% процессов были разработаны заново, что свидетельствует о глубоком реинжиниринге, а не о простой адаптации существующих процедур под новую систему. Такой подход позволяет в полной мере использовать заложенные в ERP-системах «лучшие практики» и минимизировать риски несоответствия функционала системы бизнес-требованиям.

Адаптация TOGAF для ERP-проектов потребовала настройки (tailoring) методологии с опорой на отраслевые референсные архитектуры. Такой подход позволил снизить трудозатраты на кастомизацию системы и обеспечить преемственность архитектурных артефактов.

Ограничением данной работы является её эмпирическая база, которая опирается исключительно на проектную документацию единственной, пусть и очень крупной, организации. Валидация полученных выводов на более широкой выборке компаний, внедряющих ERP-системы нового поколения, определена как направление для будущих исследований.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

Системный анализ процессов управления цепями поставок в крупном российском холдинге выявил необходимость разработки 52 целевых карт, из которых 28 являются новыми процессами. Декомпозиция процессов по шести функциональным областям модели SCOR (Plan, Source, Make, Deliver, Return, Enable) обеспечила полноту охвата и переход от функциональной разрозненности к идеологии сквозного процесса, интегрированного с производственным планированием.

Применение методологии TOGAF ADM в сочетании с референтной моделью SCOR обеспечивает структурированный подход к архитектурной трансформации, позволяя последовательно пройти путь от формулирования архитектурного видения (Phase A) до управления реализацией (Phase G) и обеспечить прослеживаемость требований на всех уровнях архитектуры.

Наибольшая концентрация процессных изменений приходится на области Source (38,5%) и Plan (25,0%), что отражает специфику трансформации закупочной функции; при этом процессы Enable и Return также потребовали существенной переработки, что свидетельствует о комплексном характере трансформации.

Методологическая «обвязка» в виде 64 решений и 12 проектных документов является обязательным условием успешной автоматизации на интегрированной ERP-платформе, поскольку обеспечивает однозначное соответствие бизнес-требований системным настройкам и сокращает объём необходимых доработок.

Внедрение автоматизированных контролей (бюджетных лимитов, маршрутов согласования) и алгоритмов планирования потребности с распределением запасов между подразделениями создаёт предпосылки для сокращения операционного цикла закупок на 20–40% и повышения точности планирования на 25–30%.

Ограничения исследования связаны с использованием данных одного кейса и прогнозным характером оценок экономической эффективности. Перспективы дальнейших исследований связаны с количественной оценкой влияния детализации процессов на показатели операционной эффективности (оборачиваемость запасов, уровень неликвидов) после завершения внедрения ERP-системы, а также с разработкой методов автоматической актуализации процессных карт при обновлении версий корпоративного шаблона и адаптацией модели SCOR для цифровых цепей поставок.

Литература

1. The TOGAF Standard : Enterprise Architecture Methodology and Framework / The Open Group. - Version 10th Edition. - April 2022. - [Электронный ресурс]. - URL: https://publications.opengroup.org/c220 (Дата обращения: 20.09.2026).
2. Association for Supply Chain Management (ASCM). SCOR Digital Standard (SCOR-DS), Version 14 [Электронный ресурс] / ASCM. - URL: https://scor.ascm.org/ (Дата обращения: 20.09.2026)
3. Авторский коллектив блога OTUS. Архитектура предприятия, TOGAF 10 и адаптивность к изменениям [Электронный ресурс] / Блог компании OTUS // Хабр. - 2023. - URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/756986/ (Дата обращения: 26.09.2026).
4. Подробнее: Куренков А. Л., Уринцов А. И. Некоторые вопросы методологии управления цифровой трансформацией в условиях перманентно изменяющейся бизнес-среды // Развитие территорий. 2025. № 1. С. 71-78.
5. Зеленков М. Ю. Критерии и методы оценки эффективности цифровизации управления транспортнологистическими системами // Тренды и управление. 2019. № 2. С. 76-90.
6. Уринцов А. И., Староверова О. В. Инструментальные средства адаптации хозяйствующих субъектов к цифровой экономике. М. : Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова, 2019. 164 с.
7. Gartner. Postmodern ERP [Электронный ресурс] // Gartner Glossary. - URL: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/postmodern-erp (Дата обращения: 25.09.2026)
8. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. - New York: Harper Business, 2006. - 272 p.
9. Плыкин В.М., Уринцов А.И. Некоторые вопросы создания инструментария поддержки принятия решений для предприятий электронной коммерции. / Плыкин В.М., Уринцов А.И. // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 12. – С. 292-294.
10. Уринцов А. И. Многоуровневые экономические информационные системы. - Москва : Московский международный институт эконометрики, финансов и права, 2003.
11. Уринцов А.И. Системы формирования и принятия решений в условиях информатизации общества: М.: Евразийский открытый институт, 2008.

12. Уринцов А.И. Инструментальные средства управления экономическими системами. / Уринцов А.И. // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2007. – № 3. – С. 75-82.

An Architectural Approach to Transforming End-to-End Supply Chain Management Processes Based on the TOGAF ADM Methodology

Kaplya I.R.
Plekhanov Russian University of Economics
JEL classification: L61, L74, R53

The relevance of the study is due to the need for a systemic restructuring of supply chain management processes in large industrial holdings when transitioning to integrated ERP platforms of the new generation. The fragmentation of processes, the lack of a unified architectural logic, and the inconsistency of methodological solutions with the technical settings of the system are key barriers to digital transformation. The aim of the work is to develop an architectural approach to transforming end-to-end supply chain management processes based on the TOGAF Architecture Development Method (ADM) methodology and the SCOR reference model, as well as to assess its applicability for migration projects to corporate information systems of the ERP class. The research methods include a system analysis of 52 target business process maps, a comparative analysis of the "as-is" and "to-be" architecture using the ADM phases, decomposition of supply chain management processes in accordance with the SCOR model, and statistical processing of data on the types of process changes. The results show that applying the phases of TOGAF ADM (from Preliminary Phase to Phase G) in combination with the SCOR process model (Plan, Source, Make, Deliver, Return, Enable) makes it possible to structure the development of 28 new and 12 significantly modified processes, ensuring traceability of requirements from business architecture to technological architecture. A "methodological framework" model has been developed, including 64 methodological solutions and 12 project documents that synchronize business logic with system settings. The practical significance lies in the possibility of replicating the proposed architectural approach in resource-extracting and processing companies that are transitioning to domestic or import-substituted ERP solutions.

Keywords: enterprise architecture, TOGAF, ADM, SCOR, end-to-end business processes, supply chain management, procurement transformation, ERP system, reengineering, system analysis.

References

1. The TOGAF Standard: Enterprise Architecture Methodology and Framework / The Open Group. – 10th Edition. – April 2022. – [Electronic resource]. – URL: https://publications.opengroup.org/c220 (Accessed: 20.09.2026).
2. Association for Supply Chain Management (ASCM). SCOR Digital Standard (SCOR-DS), Version 14 [Electronic resource] / ASCM. – URL: https://scor.ascm.org/ (Accessed: 20.09.2026).
3. OTUS Blog Team. Enterprise Architecture, TOGAF 10, and Adaptability to Change [Electronic resource] / OTUS Company Blog // Habr. – 2023. – URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/756986/ (Accessed: 26.09.2026).
4. For further details, see: Kurenkov A. L., Urintsov A. I. Some Issues Regarding the Methodology of Managing Digital Transformation in a Constantly Evolving Business Environment // Development of Territories. 2025. No. 1. pp. 71–78.
5. Zelenkov M. Yu. Criteria and Methods for Evaluating the Efficiency of Digitalizing the Management of Transport and Logistics Systems // Trends and Management. 2019. No. 2. pp. 76–90.
6. Urintsov A. I., Staroverova O. V. Instrumental Tools for Adapting Business Entities to the Digital Economy. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics, 2019. 164 p.
7. Gartner. Postmodern ERP [Electronic resource] // Gartner Glossary. - URL: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/postmodern-erp (Accessed: 25.09.2026)
8. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. - New York: Harper Business, 2006. - 272 p.
9. Plykin V.M., Urintsov A.I. Some Issues Regarding the Development of Decision-Support Tools for E-Commerce Enterprises. / Plykin V.M., Urintsov A.I. // Innovations and Investments. – 2025. – No. 12. – pp. 292-294.
10. Urintsov A.I. Multi-level Economic Information Systems. - Moscow: Moscow International Institute of Econometrics, Finance, and Law, 2003.
11. Urintsov A.I. Decision-Making and Formation Systems in the Context of the Informatization of Society. - Moscow: Eurasian Open Institute, 2008.
12. Urintsov A.I. Instrumental Tools for Managing Economic Systems. / Urintsov A.I. // Economics, Statistics, and Informatics. Bulletin of the UMO (Educational and Methodological Association). – 2007. – No. 3. – pp. 75-82.

Зарубежный и отечественный опыт формирования небольших озелененных территорий

Керимова Надежда Алиевна
канд. с.-х. наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», nadyakerimova@gmail.com,

Серов Дмитрий Андреевич
старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, serovda@mail.ru,

Гришкина Мария Сергеевна
магистрант, Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, grishkina-2004@mail.ru

В работе рассмотрены актуальные проблемы и решения ландшафтной организации карманных парков и других небольших озелененных городских территорий. В статье представлен анализ ключевых особенностей карманного парка, выявлены основные его характеристики и положительное влияние на городскую среду для достижения целей устойчивого развития, повышения общего качества жизни, улучшения здоровья и экологической обстановки. В статье проводится сравнительный анализ приемов и решений, применимых для преобразования небольших городских пространств в карманные парки. На основании международного и отечественного опыта благоустройства карманных парков раскрыты их экологическое и социальное значение, выполнен обзор принципов проектирования, разработаны общие рекомендации.
Ключевые слова: ландшафтная архитектура, карманные парки, общественные пространства, комфортная городская среда.

Введение

Небольшие городские зеленые пространства, такие как сады, скверы, карманные и мини-парки, в условиях активной урбанизации выполняют ряд важных функций несмотря на ограниченные размеры. Среди них создание новых общественных пространств, обеспечение возможности кратковременного отдыха, а также ревитализация и регенерация систем озеленения [1]. Они снижают уровень стресса жителей и восстанавливают когнитивные процессы, а также создают условия для неформального общения [2]. Исследования показывают, что территории зеленых насаждений особенно важны для здоровья людей с низким доходом и тех, кто много времени проводит дома, так как они больше зависят от окружающей среды в месте проживания [3]. Важен и их эстетический аспект, поскольку множество небольших зеленых зон, равномерно распределенных по району или городу, снижают однообразие городской застройки [4]. Доктор архитектуры В.А. Нефедов отметил важную роль таких территорий для гуманизации среды и возвращения природы в город [5]. Те из них, которые обладают достаточно широким ассортиментом растительности, повышают биологическое разнообразие [4].

Исторически в озеленении городов советского периода под мини-парками подразумевались небольшие зеленые участки, расположенные между жилыми домами, на месте пустырей, возле общественных зданий или в пешеходных зонах. В массовом советском градостроительстве они включались в систему озеленения наряду с парками, бульварами и санитарными зонами [6].

Карманным парком в сложившейся международной практике называют небольшие общедоступные зеленые территории площадью обычно до 0,5 га, окруженные с двух или трех сторон фасадами зданий [7]. Территории таких парков как правило меньше высоты окружающих зданий и возникают на местах бывших стоянок, пустырей, в санитарно-защитных зонах. Основными отличительными признаками карманных парков являются небольшая площадь и плотная застройка по периметру [8,9]. Сквер, согласно текущим нормативным документам, это озелененная территория общего пользования размером от 0,15 до 1,0 га, являющаяся элементом оформления площади, общественного центра, магистрали, используемая для кратковременного отдыха и пешеходного транзитного движения. В настоящее время карманные парки активно включаются в системы озеленения и выступают на повестке развития зеленых каркасов городов [10] в качестве связующего звена между более крупными объектами озеленения – парками городского или районного значения [11].

Практика строительства карманных парков изначально появилась в Европе как инструмент послевоенного восстановления городов и впоследствии стала популярна в США в качестве способа создания общественных пространств [7]. Это обеспечивало вовлеченность местных жителей в благоустройство и укрепляло их связь с районом проживания.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа небольших озелененных пространств – карманных парков с целью выявления особенностей и типовых приемов проектирования, применяемых в современных условиях. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- отобрать примеры карманных парков с использованием критерия соответствия определению «карманного парка»;
- провести сравнительный анализ выбранных объектов по ключевым критериям: расположение в городской среде, архитектурно-планировочные решения, применяемые приемы и экологические функции;
- сделать выводы о характерных тенденциях в проектировании.

Методы

В работе выполнен сравнительный анализ небольших территорий зеленых насаждений, представленный в виде сводной таблицы в разделе «Результаты». Выборка объектов сформирована по принципу соответствия определению карманного парка: компактные городские зеленые пространства, созданные преимущественно на малоиспользуемых территориях, доступные для пользователей и выполняющие функции рекреации. Выбор осуществлялся по следующим критериям:

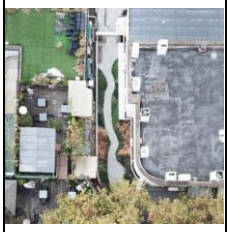
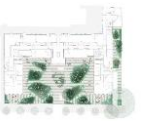
- размер (площадь объекта) до 0,5 га;
- расположение в плотной городской застройке;
- период проектирования или реконструкции: 2008-2025 гг.

Сравнительный анализ проводился по следующим критериям:

- архитектурно-планировочное решение (структура пространства, организация зон отдыха, композиция элементов);
- приемы (ландшафтные, дизайнерские и технические решения, использованные для формирования среды);
- экологические функции: снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата, снижение шумовой нагрузки, увеличение биоразнообразия, предоставление местообитаний.

В ходе анализа отобранных примеров были выявлены характерные проблемы таких территорий и наиболее эффективные планировочные и экологические решения.

Таблица 1
Анализ практики

№, назв., расп., архит., год	Генплан или спутн. снимок	Тип., разм.	Архитектурно-планировочное решение	Приемы	Экологические функции
1. Сад Андрея Петро-ва Россия А. Трумм 2008		сквер 0,6 га	Прямоугольный участок с центральной площадкой в окружении древесно-кустарниковых групп и дугообразных дорожек	Вдоль прогулочных маршрутов расположены скульптуры, высокие деревья по периметру закрывают окруж. застройку	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата и качества воздуха, снижение шумовой нагрузки
2. Napier Street Open Space Австра-лия Oculus LA 2014		сквер 0,07 га	Участок многоугольной формы с двумя площадками в центре в окружении древесно-кустарниковых групп и теневыносливых многолетников	Использование раскидистых деревьев с плотной кроной, создание почвопокровн. слоя из теневыносл. многолетников	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата, снижение шумовой нагрузки, увеличение биоразн.
3. Climate Cour-tyard Дания MBYland 2016		двор 0,14 га	Участок прямоугольной формы с главной центральной дорожкой и периметральн. посадками деревьев и кустарников	Вертикальное озеленение, озеленение с ажурной кроной, использование геопластики и биосвейлов для сбора дождевой воды	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата, увеличение биоразн., психологич. комфорт
4. Industry City США terrain-nyc 2016		двор 0,35 га	Участок прямоугольной формы, разделенный на три зоны с разными типами посадок и зонами отдыха	Использование местных растений, чередование плотной, ажурной растительности и газоны, сбор дождевой воды	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата, увеличение биоразн.
5. Conversion Aktien-mühle Швей-цария Bryum 2017		двор 0,23 га	Участок окружает здание, формирует две части ломаной конфигурации, соединенные древесно-кустарниковыми группами и зелеными покрытиями	Использованы рудеральные и дикорастущие растения, вертикальное озеленение, зеленые проницаемые покрытия	улучшение микроклимата, увеличение биоразн., управление водными стоками, психологич. комфорт
6. Сквер Майи Плисецкой Россия Д. Бассон 2018		сквер 0,14 га	Участок ломаной конфигурации с круглой площадкой и памятником в центре, окруженными композициями многолетников	Динамичность за счет разноуровн. озеленения и металлических конструкций, всесезонные цветники из многолетников	снижение эффекта теплового острова и шумовой нагрузки, увеличение биоразн., предоставление местообитаний
7. Undulating Garden Тай-вань MOTIF 2018		пеш. улица 0,22 га	Вытянутый линейный участок с сетью извилистых дорожек, проходящих среди газонов и древесно-кустарниковых насаждений	Волнообразная форма визуально расширяет пространство, приподнятые грядки, проницаемые покрытия	снижение эффекта теплового острова и шумовой нагрузки, улучшение микроклимата и качества воздуха
8. Pocket Park on Xinhua Road Китай SHU-ISHI 2020		пеш. улица 0,01 га	Линейный участок с 22-метровой аллеей между двумя зданиями, от которых она отделена композициями из многолетников	Визуальное расширение за счет отражения зеленых насаждений, имитация дикой природы, сезонная декоративность	улучшение микроклимата, увеличение биоразн., предоставление местообитаний
9. SLK Индо-незия Monsala 2022		двор 0,03 га	Прямоугольный участок, вдоль центра которого расположена вытянутая приподнятая терраса с волнообразными нишами для деревьев и зонами отдыха	Терраса приподнята, пространство между уровнями используется для размещения деревьев	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата и качества воздуха, увеличение биоразн.
10. ValeriusНидер-ланды DELV 2023		кур-дон. 0,15 га	Квадратный участок с островами древесно-кустарниковых групп, которые формируют зоны отдыха и отделяют здания от пространства двора	Густое невысокое озеленение обеспечивает визуальное экранирование со стороны первых этажей	снижение эффекта теплового острова, улучшение микроклимата, увеличение биоразн., предоставление местообитаний

Результаты

Для анализа отобраны 10 объектов, реализованных за последние 18 лет в различных российских и зарубежных городах. Результатом исследования является сравнительный анализ небольших озелененных территорий, представленных в таблице 1.

Объекты разделены на четыре типа: скверы (3 объектов), участки пешеходных улиц (2 объектов), дворы (4 объектов) и курдонеры (1 объекта), каждый из которых характеризуется сочетанием пространственно-геометрических и микроклиматических параметров, оказывающих влияние на возможность озеленения. К этим параметрам относятся конфигурация участка, степень замкнутости пространства, условия инсоляции и особенности аэрации. Подобный выбор типологии обусловлен морфологией городской ткани, градостроительным контекстом и архитектурно-пространственным окружением.

Решающими условиями для формирования системы озеленения изучаемых объектов являются микроклиматические условия среды. Они объединяют в себе инсоляцию, движение воздушных потоков и температуру воздушной среды.

Скверы, которые часто расположены на площадях, перед общественными зданиями, на пересечениях улиц или вблизи транспортных узлов, обладают средней степенью замкнутости, остаются визуально проницаемыми. Инсоляция и вентиляция здесь обычно сбалансированы.

Карманный парк как часть пешеходной улицы включает расширенные тротуары, пешеходные зоны, бывшие парковочные карманы. Это линейное пространство с активными фасадами, замкнутость формируется непрерывной фронтальной застройкой. Возможен как перегрев на широких участках с

южной ориентацией, так и длительное затенение в узких, а также сильные ветровые потоки.

Карманный парк как часть жилого двора располагается на внутриквартальных территориях, служит буфером между домами и формирует локальное пространство для повседневного использования местными жителями с высокой степенью замкнутости. Инсоляция ограничена, особенно при высокой плотности застройки. Микроклимат застойный из-за слабой вентиляции, с риском перегрева летом.

Курдонер – парадное пространство перед входом в здание, где три стороны ограничены застройкой, а четвертая открыта на улицу. Степень замкнутости средняя, геометрическая форма как правило прямоугольная или квадратная. Инсоляция достаточная в центральной части, с тенями вдоль фасадов, микроклимат более стабильный и защищенный от ветра, но возможен перегрев в случае южной ориентации.

Типология в рамках данного исследования рассматривается как способ группировки объектов по сходству условий архитектурно-пространственного окружения для формирования озелененной среды.

Исходя из анализа практики одним из характерных архитектурно-планировочных приемов можно назвать зонирование через создание системы зеленых островов, позволяющих увеличить путь движения через объект и визуально разделить его на части, транзитные и тихие зоны, скрыв небольшой размер. Такой прием использован на 5 объектах (3, 2, 7, 9, 10). Часто такие пространства представляют собой приподнятые террасы, а от фасадов зданий их отделяет озеленение по периметру (объекты 1, 2, 9).

Еще один характерный прием организации пространства, который используется в половине случаев, это вертикальное и многоуровневое озеленение для экономии пространства, повышения приватности и визуальной динамики (объекты 4, 5, 6, 10). Во многих проектах используются деревья с ажурной формой кроны и невысокие посадки, чтобы излишне не затенять пространство и поддерживать просматриваемость территории (объекты 3, 4, 8, 10). Также часто применяются геопластика и визуальные приемы для динамичности и расширения пространства (объекты 1, 3, 6, 7, 8). Экологические особенности проектов проявляются в сохранении растительности, использовании местных растений и водопроницаемых покрытий (2, 3, 5, 6, 7).

Проблемы и решения

Характеристики разных типов пространств и их различия позволяют перейти к рассмотрению проблем и решений озеленения малых пространств. Основные ограничения и потенциалы озеленения определяются:

- степенью замкнутости пространства, которая влияет на условия инсоляции, характер движения воздушных потоков и качество воздушной среды (загрязненность), а также психологическое восприятие и уровень приватности;

- ограниченностью территории, конфигурацией участка в плане и по вертикали, которые влияют на ограничения по функциям и сложность зонирования, нехватку почвенного объема.

Из-за высокой степени замкнутости во дворах обычно снижен уровень инсоляции, так как они подвергаются избыточному затенению от соседних зданий (объекты 3, 4, 5, 8, 9) [12]. Это требует использования теневыносливых видов деревьев и кустарников с ажурной кроной, не вызывающих излишнего затенения, как в проектах дворов в Копенгагене (Climate Courtyard, Дания) или в Нью-Йорке (Industry City, США). Замкнутость карманных парков в условиях периметральной застройки, то есть в большей степени дворов и курдонеров, препятствует и свободной вентиляции, что летом приводит к усилению эффекта теплового острова [13]. Озеленение способно частично снижать этот эффект за счет затенения и эвапотранспирации, которые способствуют локальному снижению температуры на 1-3 ºС [14], а размещение мелколиственных древесных пород способно улучшить циркуляцию воздуха. В условиях городской среды наблюдается повышенный уровень загрязнения воздуха. Здесь озеленение также способно улучшать качество воздуха благодаря поглощению вредных веществ.

Подчеркнутые границы таких территорий могут вызывать ощущения замкнутости. Решением может служить раскрытие видов на удаленные объекты, создание приятных звуков и динамичной композиции при помощи островов озеленения, малых архитектурных форм (объекты 6, 8). Дополнительным источником дискомфорта может стать акустическая изоляция, которая приводит к усилению эха. В этом случае многоярусное и вертикальное озеленение снижает этот эффект, а звук бегущей воды в небольших фонтанах может маскировать эхо (объекты 6, 10). Плохая просматриваемость и полная изолированность могут приводить к проявлению антисоциального поведения внутри небольших территорий. Важно поддерживать социальный контроль, используя невысокие растения и растения с прозрачной кроной (объекты 7, 8, 9).

Ограниченная и нестандартная геометрическая конфигурация вызывают ряд характерных для всех выделенных типов проблем, например, сложности формирования полноценного зеленого пространства из-за недостатка места под посадки растительности. Решением становится создание системы криволинейных дорожек и зеленых островов, позволяющих увеличить путь движения через объект и визуально разделить его на части, транзитные и тихие зоны. Использование вертикальных и многоярусных посадок также позволяет увеличить объем вегетативной массы, обеспечить улучшение микроклиматических условий.

В условиях малых пространств почвенный объем чаще всего ограничен, а почва уплотнена, что приводит к быстрому ухудшению почвенной микробиоты и, как следствие, деградации растительности [15]. Проблема решается поддержанием влажности почвы при помощи посадок почвопокровных растений, проницаемых покрытий и водосборных систем, использованием местных видов и созданием приподнятых посадочных мест, как, например, в проекте сада вдоль улицы в городе Синьбэй (Undulating Garden, Тайвань).

Из-за уплотнения почв и нарушения естественного дренажа на плотно застроенных территориях отвод излишков воды затруднен. Участки, не имеющие уклона, подвергаются затоплению после интенсивных осадков (объекты 3, 4, 7) [16]. Решением может быть организация искусственного микрорельефа и пониженных участков с дождевыми садами из влаголюбивых растений, как в жилом дворе в Копенгагене (Climate Courtyard, Дания).

Вышеперечисленные проблемы требуют изменения подходов к выбору растений: важно преобладание местных мелколиственных видов деревьев, устойчивым к затенению и болезням, загрязнению воздуха и обладающим компактной корневой системой. А также требует включения в ассортимент влаголюбивых многолетних травянистых видов, древесных лиан, увеличение количества видов невысоких кустарников. Это сокращает ассортимент декоративных интродуцентов, как менее выносливых в сложившихся условиях.

Рекомендации по проектированию для скверов

При проектировании скверов важно учитывать их расположение, обеспечивая их доступность за счет связи с улицами. Вход в парк должен быть удобным продолжением тротуара. Он может быть немного приподнятым для создания визуального разделения, как, например, в сквере в Шанхае (Deck, Китай), где основная часть прогулочной зоны расположена на приподнятой террасе и имеет связь не только с тротуаром с одной стороны, но и с набережной с другой. Сад Андрея Петрова в Санкт-Петербурге также расположен выше уровня тротуара и связан с ним дорожками. Разграничение с улицей может быть обеспечено с помощью живых изгородей средней высоты, при этом парк остается просматриваемым и доступным.

Для достижения акустического комфорта рекомендуется использовать на границах с источником шума геопластику, буферные защитные посадки, способные снижать шумовое загрязнение на 5-8 дБ, и небольшие водные устройства, так как шум воды может маскировать транспортный шум и улучшать восприятие среды [9]. Например, в сквере Майи Плисецкой в Москве куртины насаждений глубиной около 6 метров, в мини-парке Napier Street (Австралия) существующие высокие деревья, дополненные средним и нижним растительным ярусом, защищают от шума автотранспорта.

Рекомендации по проектированию для улиц

Для обеспечения основной функции пешеходных улиц – транзитного движения, снижения механического воздействия и износа растительных насаждений необходимо защищать посадки в местах с высокой нагрузкой, использовать приствольные решетки вокруг молодых деревьев, ограждения из живой изгороди или зеленый бордюр вокруг цветников. В связи с высоким уровнем загрязнения воздуха на улицах рекомендуется использовать газоустойчивые виды растений.

Безопасность особенно важна на перекрестках, поэтому озеленение здесь не должно закрывать обзор. Для этого треугольник видимости на перекрестках допускает высоту насаждений не более 0,5 м в зоне видимости. На всей территории улицы предпочтительнее деревья, крона которых находится выше 2,1 м от уровня тротуара.

Рекомендации по проектированию для дворов

Карманные парки во дворах в большей степени, чем другие типы, подвержены ограниченной инсоляции и слабой вентиляции. Здесь предпочтительнее подбирать теневыносливые и влаголюбивые виды из-за недостаточной инсоляции, не менее важно разнообразить фактуры листвы и оттенки зеленого. Усилить ощущение света помогают светлые покрытия. Эффект «колодца» требует создания условий для движения воздуха, а именно, формирования ветровых коридоров и избегания сплошных посадок по периметру. Таким образом, лучше отказать от использования раскидистых кустарников, а деревья размещать разреженно, с приподнятой кроной, чтобы воздух свободно проходил между ними.

Архитектурно-планировочное решение требует создания небольших функциональных зон во избежание перегруженного пространства. В таких условиях в качестве уличного оборудования лучше подойдут перголы и решетчатые конструкции, мебель лучше размещать в местах, где присутствует рассеянный свет. Вертикальное озеленение и зеленые стены помогают эффективно использовать ограниченную площадь и не создают загромождения.

Рекомендации по проектированию для курдонеров

Для курдонеров, как и для скверов, важна связь с улицей, здесь также парк должен быть естественным продолжением тротуара с разделением из живой изгороди. Из-за ограниченной инсоляции по периметру рекомендуется использовать теневыносливые растения для придомового озеленения, которое помогает отделить здания от пространства карманного парка. Как и во дворах важно формирование ветровых коридоров. Для эффективного использования территории рекомендуется вертикальное озеленение.

Поскольку курдонеры являются парадным пространством перед входом в здание рекомендуется сохранять его цельность, не разбивая его на множество функций. Лучше выделить основную и поддерживать ее минимальным набором мебели и элементов благоустройства.

Рекомендации по проектированию для всех типов территорий

В связи с ограниченными размерами для всех типов пространств важно создавать многоярусные и динамичные композиции, сохранять баланс открытых и закрытых типов пространственной структуры дополняя площадки, газоны и цветники древесно-кустарниковыми группами. Такие куртины могут разделять

прямые транзитные пути и криволинейные прогулочные маршруты, которые соединяют основные функциональные зоны внутри карманного парка, как, например, в школьном дворе в Джакарте (SLK, Индонезия).

Визуального комфорта можно достигнуть через использование отражающих поверхностей, увеличивающих пространство, и достаточное освещение. Плавные изгибы дорожек обеспечивают гармоничное и восстанавливающее пространство. Например, в карманном парке на Синьхуа-Роуд в Шанхае пространство визуально расширяется благодаря отражающим поверхностям стен. В противовес монотонности застройки, часто окружающей карманные парки, яркие визуальные акценты, например, цветущее дерево или скульптура, иногда могут перехватывать внимание на себя.

Снижение рисков затопления обеспечено укреплением водно-зеленой инфраструктуры, которая предполагает использование биосвейлов, водопроницаемых покрытий и систем для сбора дождевой воды. Они способны задерживать воду на месте, накапливать ее и направлять в почву для поддержания стабильного водного режима и улучшения состояния растительности. Такие решения снижают эффект теплового острова, улучшают качество воздуха и способствуют увеличению биоразнообразия. Характерным примером является двор в Базеле (Conversion Aktienmühle, Швейцария), где используются проницаемые покрытия. С застоем воды дополнительно помогают бороться проницаемые субстраты, которые уменьшают площади запечатанных поверхностей [9]. Такой прием можно наблюдать в проекте жилого двора в Копенгагене (Climate Courtyard, Дания), который изначально проектировался с целью подготовить территорию к большому количеству осадков.

В таблице 2 представлена взаимосвязь между типом пространства (сквер, улица, двор, курдонер) и набором описанных выше ландшафтных приемов. Представленные данные позволяют систематизировать выбор проектных решений и обосновать их применение с учетом пространственных и экологических характеристик каждой типологической группы.

Таблица 2

Рекомендуемые ландшафтные решения (приемы) для устранения проблем в зависимости от расположения в городской среде (типа)

Прием/тип	Сквер	Улица	Двор	Курдон.
1.Раскрытие видов и вист	±		+	+
2.Водосбор (проницаемые покрытия и дождевые сады)	±	±	+	+
3. Акустические эффекты (защита от шума, изоляции)	+	±	+	±
4. Прозрачность растительной композиции		±	+	±
5. Буферные (защитные) посадки	+	+		±
6. Геопластика и рельеф как защита от шума	+			
7.Вертикальное озеленение	±	±	+	+
8. Формирование ветровых коридоров			+	±

Приемы, отмеченные «+», рекомендуются к применению и являются эффективным для данного типа городской среды. Приемы, отмеченные «±», могут применяться ограничено, в зависимости от конкретных условий (планировочных, функциональных и т.д.), либо имеют умеренную эффективность для данного типа городской среды.

Выводы

Анализ текущей практики ландшафтной организации карманных и минипарков показал, что возможность озеленения небольших территорий определяется пространственно-геометрическими (конфигурация, степень замкнутости) и микроклиматическими параметрами (инсоляция, особенности аэрации). Предложенная типология объектов – сквер, пешеходная улица, двор, курдонер – позволяет систематизировать эти параметры и выявить обобщенные ландшафтные решения для каждого типа. К характерным тенденциям в проектировании относятся: раскрытие видов и вист, сбор дождевой воды, акустические эффекты, прозрачные и буферные посадки, геопластика, вертикальное озеленение и формирование ветровых коридоров. Взаимно дополняя друг друга, они позволяют эффективно использовать малые пространства для создания карманных парков. Представленные примеры продемонстрируют, что небольшие парки решают экологические проблемы городской застройки: снижают эффект теплового острова, обеспечивают увлажнение воздуха в жаркий период, снижают его загрязненность, шум и уровень стресса. Благодаря этому они становятся более комфортными местами для отдыха и общения, улучшая здоровье и качество жизни горожан. Именно в этом их главная ценность для современных городов.

Литература

1. *Шешукова А.* Карманный парк как новая типология парков и общественных пространств в Иркутске // Проект Байкал. 2016. № 49. С. 109-112.
2. *Ma J.* Effectiveness of nature-based walking interventions in improving mental health in adults: a systematic review // Current Psychology. 2024. vol. 43. pp. 9521-9539.
3. *Mitchell R.* Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study // The Lancet. 2008. vol. 372. pp. 1655-1660.
4. *Egerer M.* Urban oases: the social-ecological importance of small urban green spaces // Ecosystems and People. 2024. vol. 20. pp. 1-12.
5. *Нефедов В. А.* Городской сад, возвращенный людям: технологии гуманизации среды // Архитектура, Строительство, Дизайн. 2014. № 4. С. 90-91.
6. *Лунц Л. Б.* Паркостроение в СССР // Гигиена и санитария. 1937. № 11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/parkostroenie-v-sssr (дата обращения: 13.02.2026).
7. *Babalis D.* A new typology of pocket parks: Inspiring small spaces for changing cities // Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning. 2020. vol. 173. no. 3. pp. 108-117.
8. *Лабзова Е. А.* Особенности ландшафтной организации открытых и замкнутых пространств в условиях жилой застройки // Электронная наука. 2022. № 2. С. 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-landshaftnoy-organizatsii-otkrytyh-i-zamknutyh-prostranstv-v-usloviyah-zhiloy-zastroyki (дата обращения: 01.03.2026).
9. *Rosso F.* Pocket parks towards more sustainable cities. Architectural, environmental, managerial and legal considerations towards an integrated framework: A case study in the Mediterranean region // Environmental Challenges. 2022. vol. 7. pp. 1004202.
10. *Асосков Г. В.* Методика включения карманных парков в существующий зеленый каркас на примере города Екатеринбурга // Русский журнал строительных наук и технологий. 2024. Т. 10, №1. С.1001007.
11. *Пугосей А. П.* Мировой опыт в создании карманных парков в жилых микрорайонах // Современные проблемы и инновации в ландшафтной архитектуре: междунар. науч.-практич. конф. Брянск: БГИТУ. 2024. С. 69-73.
12. *Zhang X.* Effects of Urban Layout, Façade Orientation, and Façade Height on Photosynthetically Active Radiation (PAR) Availability in a Dense Residential Area: A Dynamic Analysis in Shanghai // Urban Science. 2025. vol. 9(6). pp. 222.
13. *Xue Y.* Impact of street canyon morphology on heat and fluid flow-an experimental water tunnel study using simultaneous PIV-LIF technique // Experimental Thermal and Fluid Science. 2024. vol. 150. pp. 1-32.
14. *Ma D.* Cooling effect of the pocket park in the built-up block of a city: a case study in Xi'an, China // Environmental science and pollution research international. 2023. vol. 30(9). pp. 1-30.
15. *Pereira M.* Urban soil microbial community and microbial-related carbon storage are severely limited by sealing // Journal of Soils and Sediments. 2021. vol. 21. pp. 1455-1465.
16. *Bagiouk S.* Combining Pocket Parks with Ecological Rainwater Management Techniques in High-Density Urban Environments // Environmental Processes. 2024. vol. 11(7). pp. 1-12.

International and domestic practices in developing small urban green spaces

Kerimova N.A., Serov D.A., Grishkina M.S.

National Research University "Higher School of Economics", Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This study examines contemporary challenges and solutions in the landscape planning of pocket parks and other small-scale urban green spaces. The article analyzes the fundamental characteristics of pocket parks and identifies their positive impact on the urban environment, specifically regarding the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs), the enhancement of public health, and the improvement of overall quality of life and ecological conditions. A comparative analysis of solution and techniques for transforming small urban areas into pocket parks is provided. Based on international best practices in urban development, the paper elucidates the ecological and social significance of pocket parks, reviews key design principles, and offers comprehensive recommendations for their implementation.

Keywords: landscape architecture, pocket parks, public spaces, comfortable urban environment.

References

1. *Sheshukova A.* The pocket park as a new typology of parks and public spaces in Irkutsk // Project Baikal. 2016. No. 49. pp. 109-112.
2. *Ma J.* Effectiveness of nature-based walking interventions in improving mental health in adults: a systematic review // Current Psychology. 2024. vol. 43. pp. 9521-9539.
3. *Mitchell R.* Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study // The Lancet. 2008. vol. 372. pp. 1655-1660.
4. *Egerer M.* Urban oases: the social-ecological importance of small urban green spaces // Ecosystems and People. 2024. vol. 20. pp. 1-12.
5. *Nefedov V. A.* An Urban Garden Returned to the People: Technologies for Humanizing the Environment // Architecture, Construction, Design. 2014. No. 4. pp. 90-91.

Геотехнические принципы стратегического планирования подземного пространства мегаполиса: опыт Пекина

Конюхов Дмитрий Сергеевич
доктор технических наук, профессор, АО «Мосинжпроект», gidrotehnik@inbox.ru

Освоение подземного пространства мегаполиса обычно рассматривается как градостроительная задача, однако реализуемость планировочных решений определяется инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, взаимодействием новых и существующих сооружений и допустимым уровнем геотехнического риска. Цель исследования — выявить геотехнические принципы стратегического планирования подземного пространства на примере официально утверждённого Плана подземного пространства Пекина на 2025–2035 гг. Использованы контент-анализ стратегических и нормативных документов, системный и сравнительный анализ, а также инженерная интерпретация решений по глубинному и территориальному зонированию. Показано, что окончательная редакция Плана связывает четырёхуровневое глубинное зонирование с безопасностью, учётом подземных вод, резервированием глубоких горизонтов и цифровым управлением. Предложен геотехнический контур стратегического планирования, включающий 3D инженерно-геологическую модель, геотехническое районирование, оценку взаимного влияния сооружений, риск-ориентированное резервирование и мониторинг. Установлено, что перенос пекинского опыта в российскую практику требует включения геотехнического обоснования в документы планирования до стадии проектирования отдельных объектов.

Ключевые слова: геотехническое районирование, инженерно-геологическая модель, мегаполис, подземное пространство, подземные сооружения, Пекин, стратегическое планирование, геотехнический риск, мониторинг, цифровой двойник.

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие подземного пространства крупных городов давно вышло за рамки строительства отдельных тоннелей, станций метрополитена, коллекторов или подземных стоянок. При высокой плотности застройки каждое новое сооружение становится элементом общей пространственно-геотехнической системы: оно взаимодействует с грунтовым массивом, подземными водами, существующими фундаментами, транспортными тоннелями, инженерными сетями и соседними объектами. Поэтому стратегическое планирование подземного пространства должно отвечать не только на вопрос о требуемой функции и месте размещения объекта, но и на вопрос о принципиальной геотехнической реализуемости такого размещения.

В научной литературе сформированы подходы к комплексному освоению подземного пространства и к переходу от отдельных объектов к системному планированию [1–5]. Современные исследования дополнительно связывают развитие подземного пространства с устойчивостью мегаполиса, многомерной оценкой ресурса территории и цифровым управлением [6]. При этом подземное пространство не является абстрактным свободным объёмом. Оно представляет собой часть геологической среды с неоднородными механическими и фильтрационными свойствами, сложившимся напряжённо-деформированным состоянием и уже накопленными техногенными воздействиями.

В этой связи интерес представляет опыт Пекина. 24 июля 2026 г. был утверждён «План подземного пространства Пекина (2025–2035)» [7]. Он предусматривает структуру «семь коридоров, два кольца, сеть, четыре слоя, двадцать зон и множество узлов», рассматривает подземную инфраструктуру как элемент городской устойчивости и устанавливает дифференцированные режимы освоения [7, 8]. С геотехнической точки зрения представляют интерес три решения: разделение массива по глубине, выделение территорий по условиям безопасности и учет факторов подземных вод и цифрового информационного обеспечения в механизмах реализации.

Цель статьи – определить, какие положения Плана Пекина могут быть интерпретированы как геотехнические принципы стратегического освоения подземного пространства и каким образом эти принципы могут быть встроены в российскую практику планирования подземного строительства. Научная новизна заключается в представлении стратегического плана не только как градостроительного документа, но как верхнего уровня геотехнической системы управления территорией, а также в разработке геотехнического контура планирования, связывающего инженерно-геологическую модель, глубинное зонирование, взаимодействие сооружений, риск и мониторинг.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным материалом исследования является План подземного пространства Пекина на 2025–2035 гг. [7] и его официальное разъяснение [8]. Для сопоставления использованы работы по стратегическому освоению подземного пространства, многомерному планированию и оценке его ресурса [2–6, 9–14], а также исследования российского опыта [15]. Нормативный контекст российской практики оценивался с учётом СП 473.1325800.2019, регулирующего градостроительное проектирование подземных зданий, сооружений и комплексов [16].

Методика включала четыре последовательных операции. На первом этапе выполнен контент-анализ положений Плана, непосредственно относящихся к глубине освоения, безопасности, подземным водам, резервированию пространства и цифровому управлению. На втором этапе эти положения переведены из градостроительной терминологии в систему геотехнических задач. На третьем этапе проведено сопоставление с подходами, применяемыми в исследованиях подземного пространства других мегаполисов. На четвёртом этапе сформирована модель геотехнического контура стратегического планирования.

Метод исследования – качественный инженерный анализ документов и научных публикаций. Это ограничивает возможность статистических обобщений, но соответствует поставленной задаче – выявлению структуры геотехнических решений и связей между ними.

Критерием отнесения положения Плана к геотехнически значимому принималось наличие влияния хотя бы на один из следующих объектов управления: грунтовый массив; подземные воды; основания существующих зданий; существующие или проектируемые подземные сооружения; допустимые деформации территории; геодинамические и природно-техногенные опасности; программу мониторинга. Такой критерий позволяет отделить собственно инженерное содержание от общефункциональных и экономических положений стратегического документа.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Переход от градостроительной схемы к геотехнической системе

План Пекина формирует общегородскую пространственную структуру, однако с геотехнической точки зрения её необходимо рассматривать как систему ограничений и резервов. «Коридоры», «кольца», транспортная сеть,

двадцать приоритетных зон и узлы задают территориальную концентрацию будущих подземных сооружений. Чем выше такая концентрация, тем менее корректно проектировать каждый объект независимо. На уровне узлов и зон возникает совокупный эффект: деформационные воронки от разных этапов строительства могут накладываться; водопонижение одного объекта может изменять условия работы другого; новые тоннели пересекают зоны влияния существующих фундаментов и коммуникаций.

Следовательно, стратегический документ должен предварять объектное проектирование геотехническим районированием. Для каждого участка мегаполиса требуется определить не только допустимые функции, но и инженерно-геологический тип территории, характерные диапазоны глубин, уровень техногенной освоенности, положение водоносных горизонтов, наличие геологических и геотехнических опасностей, чувствительность окружающей застройки к деформациям. Именно эта информация превращает «пространственный ресурс» в инженерно интерпретируемый ресурс.

В окончательной версии Плана усилен принцип безопасности: предусмотрено выделение запрещённых для строительства, условно допустимых и пригодных территорий [8]. Такая градация близка к геотехнической логике допуска, однако для практического использования должна опираться на измеряемые признаки. В инженерной постановке граница между категориями определяется не административным решением как таковым, а сочетанием свойств грунтов, гидрогеологических условий, опасных процессов, плотности существующей подземной застройки и возможных последствий строительства.

3.2. Глубинное зонирование как инженерный принцип

Одним из важнейших геотехнических элементов Плана является разделение подземного пространства на четыре уровня: 0–10 м, 10–30 м, 30–50 м и более 50 м [7, 8]. Приоритет текущего освоения подземного пространства Пекина сосредоточен в первых двух уровнях, а более глубокие горизонты в первую очередь рассматриваются как ресурс, подлежащий защите и резервированию.

Формальное деление только по глубинам недостаточно для выбора конструктивной схемы сооружения, но оно имеет существенную ценность на стратегическом уровне. С ростом глубины меняются величина природного напряжённого состояния, гидростатические давления, условия разгрузки массива, технологические возможности устройства котлованов и тоннелей, характер взаимодействия с фундаментами и существующими сооружениями. Граница 10 или 30 м не является универсальной геотехнической границей, однако задаёт уровень, внутри которого должны быть установлены типовые инженерные ограничения.

Для поверхностного уровня основными проблемами являются насыщенность коммуникациями, слабые техногенные грунты, близость фундаментов и высокая чувствительность городской поверхности к осадкам. На глубинах 10–30 м возрастают значение взаимодействия с метрополитеном, транспортными тоннелями и подземными водами, а также требования к прогнозу осадок и горизонтальных перемещений. На глубинах 30–50 м и ниже повышается роль напряжённого состояния массива, водонапорных горизонтов, технологических рисков проходки и долгосрочного резервирования трасс.

Таким образом, глубинное зонирование целесообразно дополнять инженерной характеристикой каждого слоя. Пространственная отметка должна связываться с типовыми грунтовыми условиями, водоносными горизонтами, возможными технологиями строительства, ограничениями по деформациям и требованиями к мониторингу. Схема такой интерпретации представлена на рис. 1 и в табл. 1.

3.3. Подземные воды и безопасность территории

В [7] фактор подземных вод сформулирован не как частная проблема отдельного объекта, а как общегородское условие развития. При выборе функций и глубины освоения предлагается учитывать положение уровня подземных вод, амплитуду и скорость его изменения; предусматривается развитие сети динамического мониторинга и совершенствование требований к проектированию с учётом изменения уровней [8]. Для геотехнического планирования это один из наиболее значимых элементов документа.



Рис. 1. Инженерная интерпретация четырёхуровневого глубинного зонирования подземного пространства Пекина

Таблица 1

Геотехническая интерпретация глубинного зонирования

Уровень	Основные объекты планирования	Ключевые геотехнические ограничения	Приоритетное инженерное действие
0–10 м	Коммуникации, переходы, общественные пространства, мелкое заложение	Техногенные грунты; фундаменты; густая сеть коммуникаций; деформации поверхности	Детальная инвентаризация; локальная 3D-модель; ограничения по осадкам
10–30 м	Метро, транспортные тоннели, коллекторы, паркинги	Подземные воды; взаимное влияние тоннелей и котлованов; зона влияния существующей застройки	Расчёт совместной работы массива и сооружений; контроль водопонижения
30–50 м	Отдельные инфраструктурные сооружения; резерв	Напряжённое состояние; водонапорные горизонты; технологическая неопределённость	Опережающие изыскания; сохранение коридоров и защитных зон
>50 м	Стратегический резерв; специальные сооружения	Глубинная геология; высокие давления; сложность доступа и аварийного реагирования	Ресурсное резервирование; сценарная оценка долгосрочных вариантов

На объектном уровне гидрогеологический расчёт обычно выполняется после выбора площадки и предварительной схемы сооружения. Стратегический подход меняет последовательность: зоны устойчивого или изменчивого режима подземных вод должны быть известны до закрепления интенсивности освоения подземного пространства. Это позволяет заранее выделить территории, где массовое строительство с водопонижением способно вызвать дополнительную консолидацию грунтов, осадки застройки, изменение питания водоносных горизонтов или рост фильтрационной нагрузки на ограждающие конструкции.

Особенно важен переход от статической гидрогеологической карты к динамической модели. Для мегаполиса необходимо учитывать сезонные и многолетние изменения уровней, техногенное перераспределение потоков, экранирующее действие протяжённых стен и тоннелей, а также возможное восстановление уровней после прекращения водоотбора. На стратегическом уровне результатом должна становиться карта гидрогеологических ограничений для различных типов подземного строительства, а не единичные расчёты по проектам.

3.4. Взаимное влияние подземных сооружений и основания городской застройки

При высокой плотности подземного освоения проектная модель «подземное сооружение – грунтовый массив» должна быть расширена до системы «существующие сооружения – массив – новый объект – последующие объекты». Это особенно актуально для транспортных узлов и многофункциональных зон, где последовательно сооружаются станции, тоннели, подземные торговые пространства, коллекторы и глубокие фундаменты высотных зданий.

Стратегический план не заменяет расчёты напряжённо-деформированного состояния, однако должен определить случаи, когда расчёт совместного влияния является обязательным уже на предпроектной стадии. К таким случаям относятся пересечение зон влияния крупных котлованов и тоннелей; новое строительство вблизи исторической застройки; освоение территории над действующими тоннелями; размещение нескольких объектов с общей системой водопонижения; строительство в пределах ранее нарушенного или закреплённого массива.

Для планирования важна не только оценка максимально возможной осадки конкретного здания. Необходимо учитывать накопленный деформационный ресурс территории. Если участок уже испытал разгрузку от котлована, деформации вследствие тоннелепроходки или изменение гидрогеологического режима, следующий проект начинает реализовываться в иной системе напряжений и свойств массива. Следовательно, цифровая модель города должна хранить не только геометрию существующих объектов, но и сведения о технологиях их сооружения, закреплении грунтов, водопонижении и фактическом мониторинге.

Такой подход позволяет перенести часть управления риском из стадии проектирования в стадию пространственного планирования. Решение о резервировании коридора или ограничении глубины может оказаться эффективнее, чем последующее усложнение конструкций и защитных мероприятий, когда конфликт между объектами уже заложен утверждённой планировкой.

3.5. Цифровая модель как геотехническая инфраструктура

План Пекина предусматривает создание взаимосвязанной двух- и трёхмерной базы данных подземного пространства и развитие цифрового двойника, прежде всего для центральных районов и городского субцентра [8].

Геотехнический цифровой двойник должен включать пространственное строение грунтового массива, параметры грунтов и их статистическую изменчивость, гидрогеологическую модель, зоны техногенного изменения грунтов, существующие фундаменты и подземные конструкции, результаты мониторинга и сведения о ранее реализованных геотехнических мероприятиях. Только в этом случае цифровизация становится инструментом прогнозирования, а не визуализации.

Российский опыт движется в том же направлении. В Санкт-Петербурге в 2026 г. была представлена трёхмерная модель геологического строения городского подземного пространства, предназначенная в том числе для инже-

нерно-геологического и гидрогеологического районирования и оценки рисков [17]. Это показывает техническую реализуемость перехода от разрозненных архивов изысканий к городской цифровой геологической модели. Следующий этап — увязка такой модели с реестром подземных сооружений и данными геотехнического мониторинга.

3.6. Предлагаемый геотехнический контур стратегического планирования

На основании анализа Плана Пекина предлагается геотехнический контур стратегического планирования подземного пространства (рис. 2, табл. 2). Его назначение состоит в том, чтобы сделать инженерно-геологические ограничения частью планировочного решения до появления конкретного проекта.

Первый элемент контура – единая инженерно-геологическая и гидрогеологическая модель. Она формируется не для отдельной площадки, а для территории планирования и уточняется по мере накопления изысканий.

Второй элемент – геотехническое районирование с выделением участков по сложности условий, чувствительности окружающей застройки и уровню допустимого воздействия.

Третий элемент – пространственное и глубинное размещение функций с учётом имеющихся и резервируемых подземных сооружений.

Четвёртый элемент – оценка взаимодействий и геотехнического риска. Здесь анализируются не только аварийные сценарии, но и эксплуатационные последствия: дополнительные осадки, горизонтальные перемещения, изменение напоров подземных вод, потеря ресурса существующих конструкций, ограничения для будущего строительства.

Пятый элемент – мониторинг, который должен проверять не только безопасность конкретного объекта, но и корректность городской геотехнической модели.

Шестой элемент – обратная связь: результаты наблюдений приводят к корректировке районов, ограничений, резервов и параметров последующих проектов.

Принципиальное отличие предлагаемого контура от традиционной последовательности состоит в цикличности. В классической практике инженерные изыскания и расчёты обслуживают уже принятое решение о строительстве. В геотехническом контуре данные о массиве и фактическое поведение ранее построенных объектов участвуют в выборе следующих планировочных решений. Таким образом, город накапливает не только объекты, но и инженерное знание о собственной подземной среде.



Рис. 2. Геотехнический контур стратегического планирования подземного пространства мегаполиса

Таблица 2
Состав геотехнического обоснования стратегического плана

Блок	Исходные данные	Результат для планирования	Связь с проектированием
Инженерно-геологическая модель	Скважины, лабораторные данные, архив изысканий, геофизика	3D строение массива и неопределённости	Исходная модель для последующих изысканий и расчётов
Гидрогеология	Уровни, напоры, режимные наблюдения, водоотбор	Зоны ограничений и допустимых воздействий на водный режим	Условия расчёта фильтрации и водопонижения
Существующая застройка	Фундаменты, тоннели, котлованы, закрепление, мониторинг	Зоны взаимного влияния и деформационные ограничения	Критерии допустимых воздействий
Риск и резервирование	Опасные процессы, сценарии, последствия, ценность будущих коридоров	Запрет, условный допуск, допустимое освоение; резерв глубин	Требования к защитным мероприятиям и мониторингу
Цифровой контур	2D/3D данные, мониторинг, исполнительные модели	Актуализируемый цифровой двойник подземной среды	Обратная связь по фактическому поведению сооружений

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Пекинский опыт показывает, что геотехническая безопасность может быть встроена в стратегическое управление подземным пространством. Важной составляющей Плана [7] является одновременное использование глубинного зонирования, территориальных категорий безопасности, учёта подземных вод и цифрового управления. В совокупности эти решения создают предпосылки для перехода от реактивной модели, когда инженерные ограничения выявляются после выбора площадки, к упреждающей.

Вместе с тем План [7] остаётся документом стратегического уровня. Из опубликованных материалов нельзя сделать вывод о наличии единой количественной методики определения границ запрещённых, условно допустимых и пригодных зон или о единых пороговых значениях допустимого геотехнического воздействия. Поэтому прямое перенесение планировочных категорий в проектную практику без дополнительных инженерных критериев было бы некорректным. Необходим следующий уровень документов: методики геотехнического районирования, требования к городским инженерно-геологическим моделям, правила учёта накопленных воздействий и минимальный состав мониторинга.

Для РФ проблема особенно актуальна в крупных городах с развитым метрополитеном и высокой плотностью строительства. СП 473.1325800.2019 формирует нормативную основу градостроительного проектирования подземных зданий и сооружений [16], однако стратегическое управление геотехническим ресурсом территории остаётся фрагментарным. Практика чаще организована вокруг конкретных объектов, тогда как конфликты трасс, глубин, водопонижения и зон влияния возникают ещё до начала проектирования.

Адаптация пекинского подхода не требует буквального копирования его пространственной схемы. Для российских мегаполисов наиболее полезны четыре принципа. Во-первых, резервирование глубоких горизонтов и инфраструктурных коридоров должно рассматриваться как самостоятельная инженерная задача. Во-вторых, документы территориального планирования целесообразно дополнять геотехническим районированием и картами допустимых воздействий. В-третьих, городской цифровой двойник должен объединять геологию, подземные сооружения и мониторинг. В-четвёртых, в зонах высокой концентрации подземных объектов необходимо оценивать совокупное, а не только объектное воздействие на массив и застройку.

Практическая значимость предложенного подхода состоит в возможности его использования при разработке схем комплексного освоения подземного пространства, мастер-планов транспортных узлов, программ развития метрополитена и документов планировки территорий. Геотехнический контур не заменяет инженерные изыскания и проектные расчёты; он определяет, где, в каком объёме и для каких сценариев эти работы должны быть выполнены до закрепления пространственного решения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Плана подземного пространства Пекина [7] предусматривает четырёхуровневое глубинное зонирование: 0–10 м, 10–30 м, 30–50 м и более 50 м. Глубокий уровень рассматривается преимущественно как долгосрочный ресурс и резерв.

2. Геотехническое содержание Плана определяется выделением территорий различной допустимости освоения, учётом положения и динамики подземных вод и развитием режимного мониторинга. Эти положения позволяют рассматривать безопасность как исходное условие пространственного решения, а не только как результат последующего проектного расчёта.

3. При высокой плотности подземной застройки объектная модель должна быть расширена до оценки совокупного взаимодействия существующих и новых сооружений через грунтовый массив и гидрогеологическую среду. Поэтому стратегический план должен учитывать накопленные деформационные и гидрогеологические воздействия.

4. Двух- и трёхмерная цифровая база, предусмотренная Планом, приобретает геотехническую ценность при включении инженерно-геологического строения, параметров грунтов, гидрогеологии, данных о существующих конструкциях и результатов мониторинга.

5. Предложен геотехнический контур стратегического планирования, объединяющий 3D инженерно-геологическую модель, геотехническое районирование, глубинное размещение, оценку взаимодействий и рисков, мониторинг и обратную корректировку планировочных ограничений.

6. Для российской практики целесообразно включать такое геотехническое обоснование в документы комплексного развития подземного пространства до стадии проектирования отдельных объектов. Это позволяет предотвращать пространственные и геотехнические конфликты на этапе, когда их устранение ещё не требует дорогостоящего изменения конструктивных и технологических решений.

Литература

1. Sterling R., Carmody J.C., Zhou Y., Labbé M., Li X., Cui J. Historical Development and Current Use of Underground Space // Underground Space. Hoboken: Wiley, 2025. DOI: 10.1002/9781394209651.ch05.
2. Конюхов Д.С. Систематизация подходов к освоению подземного пространства городов // Вестник МГСУ. 2010. № 4-4. С. 4–10.
3. Конюхов Д.С. Система комплексного планирования стратегии реализации технологий освоения подземного пространства городов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 2. С. 167–178. EDN: PLLLSJ.

4. Глозман О.С. Территориальное планирование подземной части городов // Жилищное строительство. 2017. № 7. С. 13–16. EDN: ZEWLMP.
5. Беляев В.Л. Совершенствование модели территориального планирования для целей развития городского подземного пространства // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 4. С. 72–79.
6. Hu W., Dong J., Chen Z., Ren R. Linking underground space development with sustainable urban futures: Research trends and knowledge framework // Tunnelling and Underground Space Technology. 2026. Vol. 168. 107227. DOI: 10.1016/j.tust.2025.107227.
7. 北京市地下空间专项规划（2025年—2035年） [План подземного пространства Пекина (2025–2035)]. Утверждён Пекинским комитетом по планированию и природным ресурсам 24.07.2026, 京规自发[2026]203号. URL: https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202608/t20260811_4818276.html (дата обращения: 01.09.2026).
8. 发布首个地下空间专项规划 统筹利用地上地下空间 北京2035年建成立体式宜居之城 [Опубликован первый специальный план подземного пространства Пекина] // Официальный портал Правительства Пекина. 05.08.2026. URL: https://www.beijing.gov.cn/ywdt/gzdt/202608/t20260805_4809192.html (дата обращения: 01.09.2026).
9. Chen X.S., Su D., Wu Z.Z. et al. Development paths and strategies for resilience of underground space in Chinese megacities // Bulletin of Chinese Academy of Sciences. 2026. Vol. 41. No. 2. P. 244–259. DOI: 10.3724/j.issn.1000-3045.20251214002.
10. Shi X.D., Wu K.J., Zhao Y.T. Multi-dimensional coupling planning methods and practice for underground space in megacities // Bulletin of Chinese Academy of Sciences. 2026. Vol. 41. No. 2. P. 302–310. DOI: 10.3724/j.issn.1000-3045.20251215005.
11. Zhao Y.T., Wu K.J., Shi X.D., Lin L.Q. Assessment and planning decision-making method for underground space resources in high-density built-up areas from a multi-dimensional value perspective: a case study of the Capital Function Core Area // Tunnel Construction. 2025. Vol. 45. No. 6. P. 1180–1191. DOI: 10.3973/j.issn.2096-4498.2025.06.013.
12. Yu H., Chen Z., Hu W. et al. Urban underground space value assessment and regeneration strategies in symbiosis with the urban block: A case study of large residential areas in Beijing // Tunnelling and Underground Space Technology. 2025. Vol. 168. 106728. DOI: 10.1016/j.tust.2025.106728.
13. Vähäaho I. An introduction to the development for urban underground space in Helsinki // Tunnelling and Underground Space Technology. 2016. Vol. 55. P. 324–328. DOI: 10.1016/j.tust.2015.10.001.
14. Delmastro C., Lavagno E., Schranz L. Underground urbanism: Master Plans and Sectorial Plans // Tunnelling and Underground Space Technology. 2016. Vol. 55. P. 103–111. DOI: 10.1016/j.tust.2016.01.001.
15. Konyukhov D.S., Kulikova E.Yu. Russian experience in planning the development of underground space in megacities // Proceedings of the 21st International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. London: Taylor & Francis, 2025. P. 1–8.
16. СП 473.1325800.2019. Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования. М.: Минстрой России, 2019.
17. Волкова Д. В Петербурге создали первую в России 3D-модель подземного города // РБК Санкт-Петербург. 20.02.2026. URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/20/02/2026/699852959a79473539607bce (дата обращения: 01.09.2026).

Geotechnical principles of strategic planning of megacity underground space: the beijing experience

Konyukhov D.S.
JSC Mosinzhproekt

JEL classification: L61, L74, R53

Underground space development in a megacity is commonly treated as an urban-planning task, while the feasibility of planning decisions is governed by engineering-geological and hydrogeological conditions, interaction between new and existing structures, and an acceptable level of geotechnical risk. The study aims to identify geotechnical principles of strategic underground-space planning using the officially approved Beijing Underground Space Special Plan (2025–2035) as a case study. The methods include content analysis of strategic and regulatory documents, systems and comparative analysis, and engineering interpretation of vertical and territorial zoning decisions. The final Plan is shown to link four-level depth zoning with safety control, groundwater conditions, reservation of deeper horizons, and digital management. A geotechnical planning framework is proposed that combines a 3D engineering-geological model, geotechnical zoning, assessment of structural interaction, risk-based reservation, and monitoring feedback. For Russian megacities, adaptation of the Beijing approach requires geotechnical justification to be incorporated into strategic planning documents before individual underground structures enter the design stage.

Keywords: Beijing, digital twin, engineering-geological model, geotechnical risk, geotechnical zoning, megacity, monitoring, strategic planning, underground space, underground structures.

References

1. Sterling R., Carmody J.C., Zhou Y., Labbé M., Li X., Cui J. Historical Development and Current Use of Underground Space. In: Underground Space. Hoboken: Wiley; 2025. DOI: 10.1002/9781394209651.ch05.
2. Konyukhov D.S. Systematization of approaches to urban underground space development. Vestnik MGSU. 2010;(4-4):4–10. (In Russian).
3. Konyukhov D.S. System of integrated planning of a strategy for implementation of urban underground space development technologies. Mining Information and Analytical Bulletin. 2023;(2):167–178. (In Russian). EDN: PLLLSJ.
4. Glozman O.S. Territorial planning of the underground part of cities. Housing Construction. 2017;(7):13–16. (In Russian).
5. Belyaev V.L. Improving the territorial planning model for the development of urban underground space. Ecology of Urbanized Territories. 2023;(4):72–79. (In Russian).
6. Hu W., Dong J., Chen Z., Ren R. Linking underground space development with sustainable urban futures: Research trends and knowledge framework. Tunnelling and Underground Space Technology. 2026;168:107227. DOI: 10.1016/j.tust.2025.107227.
7. Beijing Underground Space Special Plan (2025–2035). Beijing Municipal Commission of Planning and Natural Resources; approved 24 July 2026, document Jing Gui Zi Fa [2026] No. 203. (In Chinese). Available at: https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202608/t20260811_4818276.html (accessed 01.09.2026).
8. Beijing releases its first special underground space plan and coordinates above- and below-ground space use. Official Portal of the Beijing Municipal Government. 5 August 2026. (In Chinese). Available at: https://www.beijing.gov.cn/ywdt/gzdt/202608/t20260805_4809192.html (accessed 01.09.2026).
9. Chen X.S., Su D., Wu Z.Z. et al. Development paths and strategies for resilience of underground space in Chinese megacities. Bulletin of Chinese Academy of Sciences. 2026;41(2):244–259. DOI: 10.3724/j.issn.1000-3045.20251214002.
10. Shi X.D., Wu K.J., Zhao Y.T. Multi-dimensional coupling planning methods and practice for underground space in megacities. Bulletin of Chinese Academy of Sciences. 2026;41(2):302–310. DOI: 10.3724/j.issn.1000-3045.20251215005.
11. Zhao Y.T., Wu K.J., Shi X.D., Lin L.Q. Assessment and planning decision-making method for underground space resources in high-density built-up areas from a multi-dimensional value perspective: a case study of the Capital Function Core Area. Tunnel Construction. 2025;45(6):1180–1191. DOI: 10.3973/j.issn.2096-4498.2025.06.013.
12. Yu H., Chen Z., Hu W. et al. Urban underground space value assessment and regeneration strategies in symbiosis with the urban block: A case study of large residential areas in Beijing. Tunnelling and Underground Space Technology. 2025;168:106728. DOI: 10.1016/j.tust.2025.106728.
13. Vähäaho I. An introduction to the development for urban underground space in Helsinki. Tunnelling and Underground Space Technology. 2016;55:324–328. DOI: 10.1016/j.tust.2015.10.001.
14. Delmastro C., Lavagno E., Schranz L. Underground urbanism: Master Plans and Sectorial Plans. Tunnelling and Underground Space Technology. 2016;55:103–111. DOI: 10.1016/j.tust.2016.01.001.
15. Konyukhov D.S., Kulikova E.Yu. Russian experience in planning the development of underground space in megacities. In: Proceedings of the 21st International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. London: Taylor & Francis; 2025. P. 1–8.
16. SP 473.1325800.2019. Underground Buildings, Structures and Complexes. Rules for Urban Planning Design. Moscow: Ministry of Construction of Russia; 2019. (In Russian).
17. Volkova D. Russia's first 3D model of an underground city created in St Petersburg. RBC St Petersburg. 20 February 2026. (In Russian). Available at: https://www.rbc.ru/spb_sz/20/02/2026/699852959a79473539607bce (accessed 01.09.2026).

Математическая модель процесса локального ремонта дорожного покрытия с использованием строительного 3D-принтера

Кротов Олег Михайлович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), krotovom@mail.ru,

В статье рассмотрена математическая модель процесса локального ремонта дорожного покрытия с использованием дорожного строительного 3D-принтера. Предложенный подход основан на цифровом определении геометрии дефекта, расчёте требуемого объёма битумоминеральной смеси, формировании траектории печатающей головки, дозированной послойной экструзии материала и последующем контроле качества восстановленной поверхности. Разработанная модель объединяет описание глубины дефекта, области ремонта, процесса формирования слоя, баланса объёма, влияния уплотнения, ограничения по расходу материала и скорости перемещения рабочего органа, а также целевую функцию минимизации затрат. Для учёта погрешности данных LiDAR-сканера или камеры в модель введена составляющая ошибки измерения глубины дефекта. Сформулировано условие полного заполнения дефекта, согласно которому объём уложенного материала после уплотнения должен быть не меньше объёма повреждения, и критерий равномерности восстановленной поверхности через стандартное отклонение конечной толщины слоя. Определены технологические ограничения, связанные с производительностью экструдера, скоростью перемещения печатающей головки и зоной досягаемости манипулятора. Показано, что применение аддитивных технологий при локальном ремонте позволяет повысить точность заполнения дефекта, снизить перерасход материала и уменьшить влияние человеческого фактора по сравнению со струйно-инъекционным методом. Модель может служить основой для проектирования дорожного строительного 3D-принтера, разработки алгоритмов управления подачей материала и регламента локального ремонта.

Ключевые слова: локальный ремонт, дорожное покрытие, 3D-печать, битумоминеральная смесь, математическая модель, экструзия, LiDAR, траектория укладки, контроль качества.

Введение

Локальный ремонт дорожного покрытия является одним из наиболее распространённых видов восстановительных работ [1-3], направленных на устранение выбоин, трещин, колейности, просадок и иных ограниченных по площади повреждений без полной замены конструктивных слоёв дорожной одежды [4-5]. Качество выполнения таких работ определяет ровность, водонепроницаемость, сцепные свойства и несущую способность восстановленного участка покрытия [6-7]. В условиях высокой транспортной нагрузки особое значение приобретают технологии, позволяющие выполнять ремонт оперативно, с минимальным ограничением движения и с повторяемым качеством результата [8-9].

Традиционные технологии локального ремонта, включая горячий и холодный ямочный ремонт, а также струйно-инъекционный метод, обладают рядом ограничений: зависимостью от квалификации оператора, значительным перерасходом материала, неравномерностью заполнения дефекта, сложностью контроля фактического объёма уложенной смеси и недостаточной долговечностью заплат [10-11]. В связи с этим актуальной является разработка научно обоснованных технических и технологических решений, основанных на цифровизации и автоматизации процесса ремонта [12-13].

Одним из перспективных направлений является применение строительного дорожного 3D-принтера, обеспечивающего точечную укладку битумоминеральной смеси в дефект дорожного покрытия по заранее рассчитанной траектории [14-15]. Такой подход позволяет перейти от визуального и ручного управления процессом к цифровому циклу ремонта [16-17]: сканирование дефекта, построение модели, расчёт объёма материала, послойная укладка, уплотнение и повторный контроль поверхности.

Целью исследования является разработка математической модели процесса локального ремонта дорожного покрытия с использованием строительного 3D-принтера, позволяющей описать взаимосвязь между геометрией дефекта, расходом материала, траекторией движения печатающей головки, уплотнением слоя, качеством восстановленной поверхности и затратами на выполнение ремонтных работ.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- формализовать геометрию дефекта дорожного покрытия через функцию глубины и область ремонта;
- описать процесс формирования слоя битумоминеральной смеси при послойной экструзии;
- сформулировать условие баланса объёма между дефектом и уложенным материалом;
- учесть влияние уплотнения на конечную толщину восстановленного слоя;
- задать критерий равномерности поверхности после ремонта;
- сформировать целевую функцию минимизации затрат с учётом стоимости материала, времени работы оборудования и энергопотребления;
- определить технологические ограничения, связанные с производительностью экструдера, скоростью перемещения головки и зоной досягаемости рабочего органа;
- сопоставить аддитивный подход со струйно-инъекционным методом по точности заполнения, объёму отходов, равномерности слоя и влиянию человеческого фактора.

Материалы и методы исследования

Объектом моделирования является процесс локального восстановления дефекта дорожного покрытия, выполняемый мобильной роботизированной системой с экструзионной печатающей головкой. В качестве ремонтного материала рассматривается битумоминеральная смесь, подаваемая в область дефекта дозированно и послойно. Для определения геометрии повреждения предусматривается применение LiDAR-сканера, стереокамеры или иного датчика, формирующего цифровое представление поверхности покрытия [21].

Методологическую основу исследования составляют методы математического моделирования технологических процессов, геометрического описания поверхности, интегрального расчёта объёма, оптимизации затрат и формализации технологических ограничений. Основные обозначения, принятые в модели, представлены в таблице 1.

Таблица 1
Обозначения модели

Обозначение	Содержание	Единица измерения
x, y	координаты точки поверхности дорожного покрытия	м
h(x,y)	измеренная высота поверхности покрытия	м
$H_{ref}(x,y)$	эталонная высота поверхности без дефекта	м
$D(x,y)$	глубина дефекта в точке поверхности	м
A_d	область дефекта, подлежащая ремонту	м²

$Q(\tau)$	расход битумоминеральной смеси	кг/с или м³/с
$S(x,y,t)$	толщина уложенного слоя к моменту времени t	м
$h_{final}(x,y)$	толщина слоя после уплотнения	м
δ	коэффициент уплотнения материала	безразмерный
M	масса уложенной смеси	кг
E	энергопотребление системы	Дж или кВт·ч
$\sigma(h_{final})$	стандартное отклонение толщины восстановленного слоя	м
ε	допустимое отклонение поверхности по ровности	м

Первым этапом процесса является получение цифровой модели дефекта. Высота реальной поверхности определяется датчиками машинного зрения [22]. Эталонная поверхность задаётся как идеальная плоскость или интерполируется по участкам дорожного покрытия, не имеющим повреждений [23]. Глубина дефекта определяется разностью между эталонной и фактической поверхностью:

$$D(x,y) = H_{ref}(x,y) - H_{real}(x,y),\ \text{м}$$

Область дефекта включает множество точек, в которых глубина повреждения превышает заданное пороговое значение [24]:

$$A_d = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 \mid D(x,y) > \delta_{defect}\},\ \text{м}^2$$

Для учёта погрешности измерения высоты поверхности вводится модель измерения глубины дефекта:

$$H_{measured}(x,y) = H_{real}(x,y) + \varepsilon(x,y),\ \ \varepsilon(x,y) \sim \mathcal{N}(0,\sigma_{noise}),\ \text{м}$$

Таблица 2
Обозначения модели

$H_{measured}(x,y)$	Измеренная глубина дефекта в точке (x,y), м
$H_{real}(x,y)$	Реальная (истинная) глубина дефекта, м
$\varepsilon(x,y)$	Ошибка измерения (шум), м
$\mathcal{N}(0,\sigma_{noise})$	Нормальное распределение с нулевым средним и стандартным отклонением σ_{noise}, м

Данная зависимость позволяет учитывать возможное отклонение данных LiDAR-сканера или камеры от истинной геометрии дефекта [25]. Параметр σ_{noise} характеризует стандартное отклонение ошибки измерения и имеет ту же размерность, что и измеряемая глубина дефекта, то есть метры.

Процесс укладки ремонтного материала описывается функцией S(x,y,t), определяющей толщину слоя, сформированного в точке поверхности к моменту времени t. При движении печатающей головки материал подаётся из сопла и распределяется по поверхности дефекта в соответствии с функцией распределения потока:

$$S(x,y,t) = \int_0^t Q(\tau) \cdot G\big(x - x_h(\tau), y - y_h(\tau)\big) d_\tau,\ \text{м}$$

Таблица 3
Обозначения модели формирования слоя битумоминеральной смеси

$S(x,y,t)$	Толщина уложенного слоя в точке (x,y) к моменту времени t, м
$Q(\tau)$	Расход материалов (объём в единицу времени) в момент τ, кг/с
$G\big(x - x_h(\tau), y - y_h(\tau)\big) d_\tau$	Функция распределения потока материала – как он растекается по поверхности
$x_h(\tau), y_h(\tau))$	Координаты головки принтера в момент времени τ
d_τ	Малый временной интервал, с
$\int_0^t$	Интегрирование по времени от начала до момента t

После укладки слой подвергается уплотнению. Для учёта объёмной усадки материала вводится коэффициент уплотнения δ. Конечная толщина восстановленного слоя определяется выражением:

$$\mathrm{h_{final}(x,y)} = \mathrm{S}(x,y,t_{fill}) \cdot (1-\delta),\ \text{м}$$

Коэффициент δ является безразмерной величиной и характеризует относительное уменьшение толщины слоя после уплотнения. Для битумоминеральных смесей при технологическом уплотнении он может задаваться в зависимости от состава смеси, температуры, нагрузки уплотняющего узла и требуемой плотности заплаты.

Для обеспечения работоспособности восстановленного участка объём уложенного материала после уплотнения должен быть не меньше объёма дефекта. Объём дефекта определяется интегрированием функции глубины по области повреждения:

$$V_{def} = \iint_{A_d} D(x,y) dxdy,\ \text{м}^3$$

Объём уложенного материала после уплотнения определяется аналогично:

$$V_{mix} = \iint_{A_d} h_{final}(x,y) dxdy,\ \text{м}^3$$

Условие полного заполнения дефекта имеет вид:

$$V_{mix} = \iint_{A_d} h_{final}(x,y) dxdy \geq V_{detect} = \iint_{A_d} D(x,y) dxdy$$

Данное ограничение является базовым технологическим требованием модели. При его нарушении в восстановленном участке остаются зоны недолива, что приводит к локальному накоплению воды, повышенным динамическим нагрузкам от колёс транспорта и ускоренному разрушению заплаты.

После завершения печати и уплотнения поверхность должна соответствовать требованиям по ровности. В модели равномерность оценивается через стандартное отклонение конечной толщины слоя относительно требуемого уровня:

$$\sigma(h_{final}) \leq \varepsilon,\ \text{м}$$

Поскольку величина h_{final} измеряется в метрах, стандартное отклонение $\sigma(h_{final})$ также имеет размерность метра. При инженерной интерпретации допуск ε может задаваться в миллиметрах, однако в математической модели, построенной в системе СИ, он должен быть приведён к метрам. Указанное условие позволяет ограничить образование бугров, просадок и зон неравномерной толщины, которые являются одной из причин преждевременного разрушения локального ремонта.

Для выбора рационального режима работы 3D-принтера вводится целевая функция, характеризующая суммарные затраты на выполнение ремонта. Она учитывает стоимость ремонтной смеси, время работы оборудования и энергопотребление:

$$C = c_m \cdot M + c_t \cdot t_{fill} + c_e \cdot E,\ \text{руб}$$

C – общая стоимость, руб;
c_m – стоимость смеси, руб/кг;
M – масса смеси, кг;
c_t – стоимость времени работы, руб/с;
t_{fill} – время укладки, с;
c_e – стоимость энергии, руб/(кВт·ч);
E – энергопотребление, кВт·ч.

Масса материала определяется через плотность смеси и объём уложенного слоя:

$$M = \iint_{A_d} \rho \cdot h_{final}(x,y) dxdy,\ \text{кг}$$

ρ – плотность смеси (кг/м³),
$h_{final}(x,y)$ - толщина слоя после уплотнения (м),
A_d - область дефекта (м²).

Энергопотребление системы за время ремонта определяется интегрированием мощности по времени:

$$\mathrm{E} = \int_0^{\mathrm{t_{fill}}} \mathrm{P(t)dt}$$

P(t)- мощность системы в момент времени t (Вт).

При использовании киловатт и часов энергия выражается в кВт·ч, что удобно для экономической оценки производственного процесса.

Для практического применения модель должна учитывать технические возможности оборудования. Основные ограничения приведены в таблице 4.

Таблица 4
Технологические ограничения модели

Ограничение	Описание
$\mathrm{V_{mix}} \geq \mathrm{V_{defect}}$	Условие заполнения дефекта. Чтобы дефект был полностью заделан, объем уложенной смеси должен быть не меньше, чем объем "провала".
$\mathrm{h_{min}} \leq \mathrm{h_{final}(x,y)} \leq \mathrm{h_{max}},\ \forall(\mathrm{x,y}) \in \mathrm{A_d}$	Толщина слоя в каждой точке. Каждая точка должна иметь толщину слоя в установленных пределах. Это гарантирует качество укладки и соответствие техническим нормам.
$\sigma(h_{final}) \leq \varepsilon$	Шероховатость поверхности. Это условие обеспечивает равномерность укладки. Если σ слишком велико – значит, есть участки с недоливом или переизбытком материала.
$\mathrm{Q(t)} \leq Q_{max}$	Расход материала не превышает максимальный. Нельзя подавать материал быстрее, чем позволяет оборудование.
$\lvert\vec{r}_h(t)\rvert \leq v_{max}$	Скорость движения головки. Скорость принтера не может превышать технические возможности машины.
$\lvert\vec{r}_h(t) - \vec{r}_{\text{дефекта}}\rvert \leq L_{\text{манипулятора}}$	Длина манипулятора. Головка укладчика должна находиться в пределах досягаемости, чтобы точно укладывать материал

Струйно-инъекционный метод является одним из распространённых способов локального ремонта, однако его точность определяется в значительной степени действиями оператора. Материал подаётся воздушным потоком, вследствие чего часть смеси может выходить за пределы дефекта, а глубинные участки повреждения заполняться неравномерно. В отличие от этого, 3D-печать использует цифровую модель дефекта и управляемую траекторию, что позволяет задавать объём материала до начала ремонта и уточнять его в процессе обратной связи.

Таблица 5
Сравнение со струйно-инъекционным методом

Критерий	Струйно-инъекционный метод	3D-печать дорожным принтером
Точность заполнения	зависит от оператора; возможны недоливы и переизбыток	задаётся цифровой моделью дефекта и адаптивным расходом
Перерасход материала	возможен из-за разлёта смеси за пределы дефекта	снижается за счёт укладки строго в область Ad
Равномерность слоя	толщина слоя контролируется визуально	контролируется условием $\sigma(h_{final}) \leq \varepsilon$
Человеческий фактор	высокий: оператор управляет направлением и временем подачи	снижен за счёт автоматической траектории и датчиков
Сложные дефекты	заполнение неправильной формы затруднено	траектория может адаптироваться к произвольной геометрии
Контроль качества	преимущественно визуальный	повторное сканирование и сравнение с эталонной поверхностью

Практическое значение разработанной модели заключается в возможности её применения при проектировании дорожного строительного 3D-принтера, выборе параметров экструзионной головки, расчёте требуемого объёма битумоминеральной смеси, настройке алгоритмов управления подачей материала и разработке производственного регламента локального ремонта. Модель может использоваться главным технологом при назначении режимов печати, оценке расхода материала и контроле качества восстановленных участков.

Для оборудования на основе данной модели целесообразно предусмотреть следующие узлы: сканирующий модуль для определения геометрии дефекта; экструдер с регулируемым расходом; сопло, подобранное по максимальной крупности заполнителя; бункер с системой поддержания однородности смеси; манипулятор или портальную систему позиционирования; узел очистки дефекта; уплотняющее устройство; программный модуль построения траектории; систему повторного контроля поверхности. Совместная работа этих узлов обеспечивает переход от ручного ремонта к управляемому цифровому технологическому процессу [20].

Результаты и обсуждение

Разработанная математическая модель позволяет описать полный цикл локального ремонта дорожного покрытия: от первичного сканирования дефекта до оценки качества восстановленного участка. Наиболее важным результатом является формализация связи между геометрией повреждения и количеством материала, подаваемого в процессе печати. Это позволяет исключить ситуацию, при которой объём смеси определяется визуально или эмпирически, как это часто происходит при традиционных методах ремонта.

Использование функции глубины D(x,y) и области дефекта Ad создаёт расчётную основу для определения объёма повреждения. Модель формирования слоя S(x,y,t) позволяет связать расход материала Q(t), траекторию головки и фактическую толщину слоя. Учёт уплотнения через коэффициент δ обеспечивает более корректное прогнозирование конечной геометрии заплаты. Критерий σ(h_final) ≤ ε позволяет ввести количественный показатель равномерности поверхности, а не ограничиваться визуальной оценкой качества.

В сравнении со струйно-инъекционным методом предлагаемый подход обеспечивает более высокий уровень управляемости процесса. Если при струйной подаче материал распределяется потоком воздуха и зависит от действий оператора, то при 3D-печати каждый участок дефекта заполняется по рассчитанной траектории с заданным расходом. Это создаёт предпосылки для снижения перерасхода материала, повышения повторяемости качества и формирования базы данных выполненных ремонтов.

Ограничением разработанной модели является необходимость экспериментального уточнения параметров для конкретного материала и оборудования. В частности, требуют дальнейшей проверки коэффициент уплотнения, функция распределения потока F, зависимость вязкости смеси от температуры, допустимая скорость движения печатающей головки и устойчивость слоя при послойной укладке [18]. Поэтому следующими этапами исследования должны стать лабораторные испытания битумоминеральной смеси, стендовая проверка экструдера и натурные испытания опытного образца дорожного 3D-принтера [19].

Заключение

В статье разработана математическая модель процесса локального ремонта дорожного покрытия с использованием строительного 3D-принтера. Модель включает описание геометрии дефекта, формирование области ремонта, учёт погрешности измерений, функцию послойной укладки битумоминеральной смеси, условие баланса объёма, влияние уплотнения, критерий равномерности восстановленной поверхности, целевую функцию затрат и технологические ограничения оборудования.

Показано, что цифровое определение геометрии дефекта позволяет перейти к расчётному назначению объёма ремонтной смеси и траектории движения печатающей головки. Это обеспечивает научно обоснованную связь между состоянием дорожного покрытия, параметрами работы оборудования и качеством восстановленного участка.

Предложенный подход отличается от струйно-инъекционного метода более точным дозированием материала, возможностью адаптации траектории к сложной форме дефекта, снижением влияния человеческого фактора и наличием количественного контроля качества после ремонта. Разработанная модель может служить основой для создания дорожного строительного 3D-принтера, разработки алгоритмов управления подачей материала и проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Литература

1. Jackson R.J., Wojcik A.B., Miodownik M. 3D printing of asphalt and its effect on mechanical properties // Materials & Design. 2018. Vol. 160. P. 468-474. DOI: 10.1016/j.matdes.2018.09.030.
2. Cantisani G., D'Andrea A., Di Mascio P., Moretti L., Fiore N., Petrelli M., Polidori C., Venturini L. Materials study to implement a 3D printer system to repair road pavement potholes // Transportation Research Procedia. 2023. Vol. 69. P. 91-98. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.149.
3. Gong F., Cheng X., Fang B., Cheng C., You Z. et al. Prospect of 3D printing technologies in maintenance of asphalt pavement cracks and potholes // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 397. Article 136551. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136551.
4. Gong F., Cheng X., Fang B. et al. A Review on the Application of 3D Printing Technology in Pavement Maintenance Engineering // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 7. Article 6237. DOI: 10.3390/su15076237.
5. Kwon B.J., Kim D., Rhee S.K., Kim Y.R. Spray injection patching for pothole repair using 100 percent reclaimed asphalt pavement // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 166. P. 445-451. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.145.
6. Dong Q., Huang B., Zhao S. Field and laboratory evaluation of winter season pavement pothole patching materials // International Journal of Pavement Engineering. 2014. Vol. 15, No. 4. P. 279-289. DOI: 10.1080/10298436.2013.814772.
7. Hafezzadeh R., Autelitano F., Giuliani F. Asphalt-based cold patches for repairing road potholes: an overview // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 306. Article 124870. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124870.
8. Hafezzadeh R., Autelitano F., Giuliani F. Performance-related methods for the characterization of cold mix patching materials used in asphalt pavements maintenance // Case Studies in Construction Materials. 2023. Vol. 19. Article e02600. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02600.
9. Wang T., Dra Y.A.S.S., Cai X., Cheng Z., Zhang D., Lin Y., Yu H. Advanced cold patching materials (CPMs) for asphalt pavement pothole rehabilitation: State of the art // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 366. Article 133001. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133001.
10. Li L., Huang Y., Shao Z., Ren D. An experimental investigation on the repairing performance and fatigue life of asphalt pavement potholes with an inclined interface joint // Frontiers in Materials. 2021. Vol. 7. Article 597523. DOI: 10.3389/fmats.2020.597523.
11. Han S., Liu M., Shang W., Qi X., Zhang Z., Dong S. Timely and durable polymer modified patching materials for pothole repairs in low temperature and wet conditions // Applied Sciences. 2019. Vol. 9, No. 9. Article 1949. DOI: 10.3390/app9091949.
12. Buswell R.A., de Silva W.R.L., Jones S.Z., Dirrenberger J. 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 112. P. 37-49. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.05.006.
13. Bos F.P., Wolfs R.J.M., Ahmed Z.Y., Salet T.A.M. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing // Virtual and Physical Prototyping. 2016. Vol. 11, No. 3. P. 209-225. DOI: 10.1080/17452759.2016.1209867.
14. Le T.T., Austin S.A., Lim S., Buswell R.A., Gibb A.G.F., Thorpe T. Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete // Materials and Structures. 2012. Vol. 45, No. 8. P. 1221-1232. DOI: 10.1617/s11527-012-9828-z.
15. Le T.T., Austin S.A., Lim S., Buswell R.A., Law R., Gibb A.G.F., Thorpe T. Hardened properties of high-performance printing concrete // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 42, No. 3. P. 558-566. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.12.003.
16. Wolfs R.J.M., Bos F.P., Salet T.A.M. Early age mechanical behaviour of 3D printed concrete: Numerical modelling and experimental testing // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 106. P. 103-116. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.02.001.
17. Gosselin C., Duballet R., Roux P., Gaudillière N., Dirrenberger J., Morel P. Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders // Materials & Design. 2016. Vol. 100. P. 102-109. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.03.097.
18. Kazemian A., Yuan X., Cochran E., Khoshnevis B. Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 145. P. 639-647. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.015.

19. Lu B., Weng Y., Li M., Qian Y., Leong K.F., Tan M.J., Qian S. A systematical review of 3D printable cementitious materials // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 207. P. 477-490. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.144.
20. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 143. P. 172-196. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.
21. Ma N., Fan J., Wang W., Wu J., Jiang Y., Xie L., Fan R. Computer vision for road imaging and pothole detection: a state-of-the-art review of systems and algorithms // Transportation Safety and Environment. 2022. Vol. 4, No. 4. Article tdac026. DOI: 10.1093/tse/tdac026.
22. Чуфаров И.В. Методы определения дефектов поверхности изделий из металлов и их сплавов с помощью методов машинного зрения // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4, № 1. С. 61-64.
23. Fan R., Ozgunalp U., Wang Y., Liu M., Pitas I. Rethinking road surface 3-D reconstruction and pothole detection: From perspective transformation to disparity map segmentation // IEEE Transactions on Cybernetics. 2022. Vol. 52, No. 7. P. 5799-5808.
24. Tsai Y.-C., Chatterjee A. Pothole detection and classification using 3D technology and watershed method // Journal of Computing in Civil Engineering. 2018. Vol. 32, No. 2. Article 04017078. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000726.
25. Bosurgi G., Modica M., Pellegrino O., Sollazzo G. An automatic pothole detection algorithm using pavement 3D data // International Journal of Pavement Engineering. 2023. Vol. 24. Article 2057978. DOI: 10.1080/10298436.2022.2057978.

Mathematical model of the local road pavement repair process using a construction 3D printer

Krotov O.M.
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article considers a mathematical model of the local road pavement repair process using a road construction 3D printer. The proposed approach is based on digital determination of the defect geometry, calculation of the required volume of the bituminous mineral mixture, generation of the print head trajectory, metered layer-by-layer extrusion of the material and subsequent quality control of the restored surface. The developed model combines the description of the defect depth, the repair area, the layer formation process, the volume balance, the effect of compaction, the constraints on material flow rate and on the travel speed of the working tool, as well as an objective function of cost minimization. To account for the error of LiDAR scanner or camera data, a measurement error component of the defect depth is introduced into the model. A condition of complete defect filling is formulated, according to which the volume of the placed material after compaction must not be less than the volume of the damage, together with a criterion of uniformity of the restored surface expressed through the standard deviation of the final layer thickness. Technological constraints related to the extruder capacity, the print head travel speed and the reach zone of the manipulator are defined. It is shown that the use of additive technologies in local repair makes it possible to increase the accuracy of defect filling, reduce material overconsumption and diminish the influence of the human factor compared with the spray injection method. The model can serve as a basis for designing a road construction 3D printer, developing material feed control algorithms and a local repair procedure.

Keywords: local repair, road pavement, 3D printing, bituminous mineral mixture, mathematical model, extrusion, LiDAR, placement trajectory, quality control.

References

1. Jackson R.J., Wojcik A.B., Miodownik M. 3D printing of asphalt and its effect on mechanical properties // Materials & Design. 2018. Vol. 160. P. 468-474. DOI: 10.1016/j.matdes.2018.09.030.
2. Cantisani G., D'Andrea A., Di Mascio P., Moretti L., Fiore N., Petrelli M., Polidori C., Venturini L. Materials study to implement a 3D printer system to repair road pavement potholes // Transportation Research Procedia. 2023. Vol. 69. P. 91-98. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.149.
3. Gong F., Cheng X., Fang B., Cheng C., You Z. et al. Prospect of 3D printing technologies in maintenance of asphalt pavement cracks and potholes // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 397. Article 136551. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136551.
4. Gong F., Cheng X., Fang B. et al. A Review on the Application of 3D Printing Technology in Pavement Maintenance Engineering // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 7. Article 6237. DOI: 10.3390/su15076237.
5. Kwon B.J., Kim D., Rhee S.K., Kim Y.R. Spray injection patching for pothole repair using 100 percent reclaimed asphalt pavement // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 166. P. 445-451. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.145.
6. Dong Q., Huang B., Zhao S. Field and laboratory evaluation of winter season pavement pothole patching materials // International Journal of Pavement Engineering. 2014. Vol. 15, No. 4. P. 279-289. DOI: 10.1080/10298436.2013.814772.
7. Hafezzadeh R., Autelitano F., Giuliani F. Asphalt-based cold patches for repairing road potholes: an overview // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 306. Article 124870. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124870.
8. Hafezzadeh R., Autelitano F., Giuliani F. Performance-related methods for the characterization of cold mix patching materials used in asphalt pavements maintenance // Case Studies in Construction Materials. 2023. Vol. 19. Article e02600. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02600.
9. Wang T., Dra Y.A.S.S., Cai X., Cheng Z., Zhang D., Lin Y., Yu H. Advanced cold patching materials (CPMs) for asphalt pavement pothole rehabilitation: State of the art // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 366. Article 133001. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133001.
10. Li L., Huang Y., Shao Z., Ren D. An experimental investigation on the repairing performance and fatigue life of asphalt pavement potholes with an inclined interface joint // Frontiers in Materials. 2021. Vol. 7. Article 597523. DOI: 10.3389/fmats.2020.597523.
11. Han S., Liu M., Shang W., Qi X., Zhang Z., Dong S. Timely and durable polymer modified patching materials for pothole repairs in low temperature and wet conditions // Applied Sciences. 2019. Vol. 9, No. 9. Article 1949. DOI: 10.3390/app9091949.
12. Buswell R.A., de Silva W.R.L., Jones S.Z., Dirrenberger J. 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 112. P. 37-49. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.05.006.
13. Bos F.P., Wolfs R.J.M., Ahmed Z.Y., Salet T.A.M. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing // Virtual and Physical Prototyping. 2016. Vol. 11, No. 3. P. 209-225. DOI: 10.1080/17452759.2016.1209867.
14. Le T.T., Austin S.A., Lim S., Buswell R.A., Gibb A.G.F., Thorpe T. Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete // Materials and Structures. 2012. Vol. 45, No. 8. P. 1221-1232. DOI: 10.1617/s11527-012-9828-z.
15. Le T.T., Austin S.A., Lim S., Buswell R.A., Law R., Gibb A.G.F., Thorpe T. Hardened properties of high-performance printing concrete // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 42, No. 3. P. 558-566. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.12.003.
16. Wolfs R.J.M., Bos F.P., Salet T.A.M. Early age mechanical behaviour of 3D printed concrete: Numerical modelling and experimental testing // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 106. P. 103-116. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.02.001.
17. Gosselin C., Duballet R., Roux P., Gaudillière N., Dirrenberger J., Morel P. Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders // Materials & Design. 2016. Vol. 100. P. 102-109. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.03.097.
18. Kazemian A., Yuan X., Cochran E., Khoshnevis B. Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 145. P. 639-647. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.015.
19. Lu B., Weng Y., Li M., Qian Y., Leong K.F., Tan M.J., Qian S. A systematical review of 3D printable cementitious materials // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 207. P. 477-490. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.144.
20. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 143. P. 172-196. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.
21. Ma N., Fan J., Wang W., Wu J., Jiang Y., Xie L., Fan R. Computer vision for road imaging and pothole detection: a state-of-the-art review of systems and algorithms // Transportation Safety and Environment. 2022. Vol. 4, No. 4. Article tdac026. DOI: 10.1093/tse/tdac026.
22. Chufarov I.V. Methods for detecting surface defects of products made of metals and their alloys using machine vision methods // Voprosy prirodopolzovaniya [Problems of Nature Management]. 2025. Vol. 4, No. 1. P. 61-64.
23. Fan R., Ozgunalp U., Wang Y., Liu M., Pitas I. Rethinking road surface 3-D reconstruction and pothole detection: From perspective transformation to disparity map segmentation // IEEE Transactions on Cybernetics. 2022. Vol. 52, No. 7. P. 5799-5808.
24. Tsai Y.-C., Chatterjee A. Pothole detection and classification using 3D technology and watershed method // Journal of Computing in Civil Engineering. 2018. Vol. 32, No. 2. Article 04017078. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000726.
25. Bosurgi G., Modica M., Pellegrino O., Sollazzo G. An automatic pothole detection algorithm using pavement 3D data // International Journal of Pavement Engineering. 2023. Vol. 24. Article 2057978. DOI: 10.1080/10298436.2022.2057978.

Методика выбора инновационных решений при модернизации трубопроводных систем газоснабжения зданий на основе интегральной оценки

Куровский Станислав Валерьевич
Руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», 8917564@gmail.com,

Мишин Денис Александрович
Руководитель редакционно-издательского отдела ООО «Высшая Школа Образования», 9651530@gmail.com,

Юсин Данил Сергеевич
аспирант, образовательный центр "Энергоэффективные инженерные системы", Университет ИТМО, yusindanil3514@yandex.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью модернизации трубопроводных систем газоснабжения зданий, значительная часть которых эксплуатируется в условиях накопления коррозионных повреждений, старения защитных покрытий и увеличения расходов на техническое обслуживание. Выбор варианта модернизации часто осуществляется по величине первоначальных капитальных затрат, а показатели надежности, безопасности и стоимости жизненного цикла учитываются раздельно. **Цель исследования** состоит в разработке методики сравнительной оценки вариантов модернизации трубопроводной системы газоснабжения здания, объединяющей технические, эксплуатационные, инновационные и инвестиционные критерии. Предложена иерархическая система показателей, включающая надежность, безопасность, эксплуатационную эффективность, инновационность и инвестиционную эффективность. Введены пороговые ограничения по уровню надёжности и безопасности, проведена апробация методики на объекте, включающем наружные и внутренние участки сети газопотребления. Сопоставлены сценарии локального восстановления, секционной и комплексной модернизации с цифровым мониторингом, последний из которых получил максимальную интегральную оценку, при этом секционный вариант оказался наиболее выгодным по стоимости жизненного цикла. **Практическая значимость результатов** заключается в возможности применения предложенной методики проектными и эксплуатирующими организациями при подготовке решений о ремонте и техническом перевооружении систем газоснабжения.
Ключевые слова: газоснабжение зданий, газопровод, модернизация, надежность, безопасность, стоимость жизненного цикла, инновационность, цифровой мониторинг, инвестиционная эффективность, интегральный показатель.

Введение

Трубопроводная система газоснабжения - один из критически значимых элементов инженерного обеспечения здания, эксплуатационная надежность которой связана с устойчивостью подачи топлива, работоспособностью газоиспользующего оборудования, безопасностью людей и сохранностью строительного объекта. В отличие от других инженерных систем нарушение герметичности газопровода может сопровождаться прекращением предоставления коммунального или технологического ресурса, формированием взрыво- и пожароопасной среды. По этой причине решения о сохранении, ремонте, реконструкции или замене участков сети должны основываться на требованиях безопасности и допустимого технического состояния.

Технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления устанавливает требования к проектированию, строительству, эксплуатации сетей, в частности, СП 62.13330.2011 предусматривает необходимость экономического обоснования принимаемой схемы газоснабжения при обеспечении требуемой степени безопасности. Любое изменение существующей сети должно сохранять или улучшать характеристики надежности и безопасности [1], [2].

В процессе длительной эксплуатации состояние газопроводов изменяется под действием комплекса факторов. Для подземных стальных участков актуальностью обладают состояние изоляционного покрытия, коррозионная активность грунта, эффективность электрохимической защиты.

В контексте традиционного подхода к модернизации предпочтение получает локальный ремонт, чтобы восстановить работоспособность с минимальными текущими затратами. Однако такое решение может сохранять зависимость от периодического визуального контроля и приводить к повторным расходам на следующих этапах эксплуатации. Более капиталоемкая замена участков, внедрение дистанционного мониторинга давления и цифрового учета дефектов могут обеспечить достаточно высокий технический результат, но подразумевают проведение оценки на длительном временном горизонте.

Резюмируя, возникает необходимость методики интегрального выбора, одновременно учитывающей соответствие обязательным требованиям безопасности; вероятность безотказной работы; остаточный ресурс; герметичность и коррозионную стойкость; ремонтопригодность и контролепригодность; трудоемкость технического обслуживания; продолжительность возможных отключений; капитальные и эксплуатационные затраты; стоимость жизненного цикла; технологическую новизну и зрелость решения; возможность цифрового мониторинга; масштабируемость и совместимость с существующей инфраструктурой.

Проблема заключается в том, что указанные характеристики измеряются в различных единицах, имеют неодинаковую значимость и могут находиться в противоречии. Например, вариант с наиболее низкими капитальными затратами может иметь худший остаточный ресурс, а технологически насыщенное решение - завышенную стоимость и недостаточную адаптированность к фактическим условиям объекта.

Цель исследования заключается в разработке методики выбора варианта модернизации трубопроводной системы газоснабжения здания на основе интегральной оценки надежности, безопасности, эксплуатационной эффективности, инновационности и стоимости жизненного цикла.

Научная новизна исследования состоит в объединении технических и инвестиционных параметров модернизации в единой иерархической модели при сохранении приоритета нормативной безопасности. В отличие от компенсационной модели, в которой низкое значение одного критерия может быть полностью перекрыто высокими значениями других, предлагаемый подход содержит нормативы, так что решение, которое не достигло минимального уровня надежности или безопасности, исключается из дальнейшего выбора вне зависимости от величины капитальных затрат и показателя инновационности.

Современное состояние исследований

В соответствии с ГОСТ Р 27.102-2021 надежность объекта рассматривается как способность выполнять требуемую функцию при заданных условиях в течение установленного периода [3]. Основным функциональным требованием к газопроводу является безопасная транспортировка газа при сохранении герметичности и заданных параметров давления. Отказ может быть связан с образованием сквозного повреждения, нарушением сварного или резьбового соединения, потерей работоспособности запорной арматуры, недопустимым снижением пропускной способности [4], [5].

Для длительно эксплуатируемых трубопроводов значимость имеет оценка остаточного ресурса, который зависит от скорости накопления повреждений, фактических режимов эксплуатации, опорных элементов и средств

контроля, как отмечено в публикации [6]. Для целей выбора варианта модернизации надежность должна оцениваться по текущему состоянию, а также по прогнозируемому изменению в течение временного периода.

Объектом исследования являются наружные и внутренние газопроводы, обеспечивающие подачу природного газа к газоиспользующему оборудованию здания. СП 62.13330.2011 устанавливает требования к наружным и внутренним газопроводам, пунктам редуцирования, средствам контроля и другим элементам сетей газораспределения и газопотребления [2]. Для жилых зданий СП 402.1325800.2018 распространяется на внутренние сети газопотребления, использующие природный газ с давлением до 0,005 МПа включительно [9].

Наружный подземный стальной газопровод дополнительно подвержен грунтовой коррозии, так, ГОСТ 9.602-2016 распространяется на защиту от коррозии подземных стальных сооружений, включая распределительные газопроводы [10]. При выборе варианта модернизации необходимо учитывать целостность изоляционного покрытия, параметры электрохимической защиты, возможность возникновения блуждающих токов [14].

Для трубопроводной системы газоснабжения инновационным следует считать решение, обеспечивающее измеримое улучшение надежности, безопасности, контролепригодности или ресурсной эффективности по сравнению с исходным состоянием. Ранее С. В. Куровским и Д. А. Мишиным рассматривались вопросы автоматизации технологических процессов при использовании трубопроводов в нефтяной отрасли, включая автоматизированную оценку состояния участков и выявление технологических осложнений [11]. Вместе с тем ISO 15686-5:2017 предусматривает применение анализа стоимости жизненного цикла к зданиям, построенным объектам и их составным частям [12], что представляется актуальным в рамках разработки методики.

Материалы и методы

Авторская методика включает восемь этапов (рисунок 1). Система критериев обусловлена объединением показателей в пять групп:

1) техническая надёжность, индекс которой рассчитывается по формуле (1):

$R_j = \sum_{i=1}^{n_R} \alpha_{R_i} x_{R_{ij}}$ (1)

где

$x_{R_{ij}}$- нормированное значение i-ого показателя надежности для j-ого варианта;

α_{R_i}– вес i-ого показателя надёжности;

n_R– количество показателей надёжности.



Рисунок 1 – Концепция применения авторской методики (источник: разработано авторами)

2) безопасность (формула (2)):

$S_j = \sum_{i=1}^{n_S} \alpha_{S_i} x_{S_{ij}}$ (2)

где

$x_{S_{ij}}$- нормированное значение i-ого показателя безопасности для j-ого варианта;

α_{S_i}– вес i-ого показателя безопасности;

n_S– количество показателей безопасности.

3) эксплуатационная эффективность, в рамках которой оцениваются трудоёмкость обслуживания, продолжительность отключений, удобство локализации поврежденного участка;

4) инновационность, характеризующаяся технологической новизной относительно исходной модели, масштабируемостью, интеграцией с диспетчеризацией;

5) инвестиционная эффективность, куда включаются срок окупаемости инвестиций, стоимость жизненного цикла, первоначальные капитальные затраты, остаточная стоимость модернизированных элементов, ожидаемые потери от отказов.

Для показателя, увеличение которого соответствует улучшению результата, используется выражение (3):

$x_{ij} = \frac{X_{ij} - X_i^{min}}{X_i^{max} - X_i^{min}}$ (3)

где

X_{ij}- фактическое значение i-ого показателя для j-ого варианта;

X_i^{min}- минимальное значение данного показателя среди сравниваемых вариантов;

X_i^{max}– максимальный уровень данного показателя.

Если показатель определяется экспертно по пятибалльной шкале, целесообразно применить преобразование в контексте формулы (4):

$x_{ij} = \frac{b_{ij}-1}{4}$ (4)

где

b_{ij}- экспертная оценка от 1 до 5.

Итоговый индекс модернизации определяется следующим образом (формула (5)):

$K_j = w_R R_j + w_S S_j + w_E E_j + w_I I_j + w_C C_j$ (5)

где

R_j– надёжность;

S_j– безопасность;

E_j– эксплуатационная эффективность;

I_j– инновационность;

C_j– инвестиционная эффективность.

w_R, w_S, w_E, w_I, w_C – весовые коэффициенты соответствующих групп критериев.

Вводятся обязательные условия (6), (7):

$$\begin{cases} R_j \geq R_{min} \\ R_{min} = 0{,}70 \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} S_j \geq S_{min} \\ S_{min} = 0{,}75 \end{cases} \quad (7)$$

При невыполнении хотя бы одного ограничения вариант признается неприемлемым для реализации в исходном виде.

Оценка риска проводится в соответствии с ГОСТ Р 58771-2019 [13].

Характеристика объекта и сценариев модернизации

Для апробации авторской методики сформирован объект, представляющий систему газоснабжения административно-производственного здания с автономным газоиспользующим оборудованием, которая включает подземный стальной газопровод низкого давления условной протяженностью 310 м; надземный участок и ввод протяженностью 65 м; внутренние газопроводы общей протяженностью 145 м; запорную арматуру на вводе и перед газоиспользующим оборудованием; узел учета газа; локальные средства контроля в помещении газоиспользующего оборудования.

В процессе диагностики обнаружены нарушения защитного покрытия, неоднородность состояния сварных соединений, отсутствие непрерывной регистрации давления, единого цифрового журнала дефектов, необходимость повторных ремонтных работ.

Разработано три сценария (таблица 1).

Таблица 1
Сравнение состава сценариев

Мероприятие	Сценарии		
	Минимальное восстановление	Секционная модернизация	Комплексная инновационная модернизация
Локальный ремонт дефектов	Да	Частично	Только для сохраняемых элементов
Замена критических участков	Ограниченно	Да	Да
Комплексная замена длительно эксплуатируемых участков	Нет	Нет	Да
Восстановление защиты от коррозии	Локально	Комплексно для сохраняемых участков	Для сохраняемых элементов
Дополнительные датчики	Нет	Да	Да
Автоматическое отключение	Частично	Да	Да
Дистанционная передача	Нет	Ограниченно	Да
Цифровой паспорт	Нет	Базовый	Расширенный
Прогнозирование состояния	Нет	Ограниченно	Да
Риск-ориентированное планирование	Нет	Частично	Да

Источник: разработано авторами.

Результаты исследования

После нормирования частных показателей получены значения, представленные в таблице 2.

Проверка пороговых условий показала, что к дальнейшему сравнению допускаются сценарии секционной и комплексной инновационной модернизации, поскольку у первого сценария не соответствовали расчётные значения установленным нормативам.

Таблица 2
Групповые показатели вариантов

Показатель	Сценарии		
	Минимальное восстановление	Секционная модернизация	Комплексная инновационная модернизация
Надежность (R)	0,63	0,82	0,93
Безопасность (S)	0,68	0,84	0,95
Эксплуатационная эффективность (E)	0,61	0,77	0,91
Инновационность (I)	0,22	0,66	0,92
Инвестиционная эффективность (C)	0,70	0,88	0,76

Источник: разработано авторами.

По базовой системе весов первое место занимает сценарий комплексной инновационной модернизации (таблица 3).

Таблица 3
Результаты интегральной оценки

Сценарий	Интегральный индекс	Выполнение порогов	Статус
Минимальное восстановление	0,594	-	Исключается
Секционная модернизация	0,805	+	Допустимый
Комплексная инновационная модернизация	0,904	+	Предпочтительный

Источник: разработано авторами.

Расчёт стоимости жизненного цикла выполнен для периода 20 лет при ставке дисконтирования 10% (таблица 4).

Таблица 4
Стоимость жизненного цикла

Сценарий	Первоначальные вложения, млн. руб.	Стоимость жизненного цикла, млн. руб.	Место в рейтинге
Минимальное восстановление	1,80	10,07	3
Секционная модернизация	5,40	9,14	1
Комплексная инновационная модернизация	7,30	9,47	2

Источник: разработано авторами.

Выбор между сценариями секционной и комплексной инновационной модернизации зависит от критичности объекта, допустимой продолжительности отключения, стратегии эксплуатации, а также доступности финансовых ресурсов.

Анализ устойчивости результатов

При крайне высоком весе инвестиционной эффективности сценарий секционной модернизации незначительно опережает комплексную инновационную модернизацию, поскольку разница составляет 0,004, то есть находится в пределах чувствительности модели (таблица 5).

Таблица 5
Результаты анализа чувствительности

Профиль весов	Минимальное восстановление	Секционная модернизация	Комплексная инновационная модернизация	Первое место
Базовый	0,594	0,805	0,904	КИМ
Технический приоритет	0,601	0,806	0,915	КИМ
Инвестиционное доминирование	0,615	0,841	0,837	СМ

Источник: разработано авторами.

Для здания с непрерывным технологическим процессом, высокой стоимостью остановки либо большим числом людей повышенная контролепригодность сценария комплексной инновационной модернизации может иметь определяющее значение.

Интерпретация результатов в рамках инновационного и инвестиционного подходов

В авторской методике инновационность рассматривается как способность решения создавать устойчивое улучшение технических и эксплуатационных характеристик. Высокий показатель инновационности подразумевает выполнение нескольких условий, в том числе технология должна быть применима к конкретному объекту, эффект измерим; решение совместимо с действующей инфраструктурой; должна быть обеспечена техническая поддержка; персонал должен иметь возможность освоить технологию; цифровые функции связаны с регламентом реагирования. Например, дистанционная передача давления обладает ограниченной ценностью, если отсутствуют установленные пороги, ответственный персонал и порядок действий при отклонении от норматива.

На уровне инженерной системы инновационность рассматривается в качестве фактора изменения технических характеристик, показатель должен учитывать совокупность параметров, а положительный эффект – сохраняться в течение жизненного цикла. В предлагаемой модели интегральный индекс инновационности трубопроводной системы включает технологическую новизну, цифровую диагностируемость, прогнозирование состояния, автоматизацию защитных функций, масштабируемость и зрелость решения.

Для принятия инвестиционного решения предлагается использовать двухэтапную процедуру, например, на первом этапе выбираются варианты, удовлетворяющие требованиям надежности и безопасности, затем среди допустимых вариантов определяется решение, соответствующее стратегии собственника (таблица 6): обеспечение заданного срока эксплуатации, максимальная надёжность, минимальная стоимость жизненного цикла и др. [15].

Таблица 6
Условия применения сценариев

Условие объекта	Предпочтительный подход
Единичный локальный дефект, подтвержденный ресурс остальной сети	Локальный ремонт
Несколько дефектных зон при удовлетворительном состоянии большей части системы	Секционная модернизация
Системное старение и повторные дефекты	Комплексная модернизация
Высокая стоимость остановки оборудования	Комплексная модернизация
Жесткое ограничение бюджета при выполнении порогов	Секционная модернизация
Недостаточная диагностируемость критических участков	Секционная либо комплексная модернизация
Необходимость диспетчеризации и удаленного контроля	Комплексная модернизация
Короткий оставшийся срок эксплуатации здания	Секционная модернизация после отдельного технико-экономического расчета
Планируемая реконструкция здания	Комплексная модернизация в составе проекта

Источник: разработано авторами.

Комплексная инновационная модернизация соответствует стратегии максимального снижения технической неопределенности. Дополнительные финансовые вложения направляются на замену большей части длительно эксплуатируемых элементов, автоматизацию контроля и создание информационной основы для дальнейшего управления состоянием.

Обсуждение результатов исследования

Полученный результат согласуется с принципом, согласно которому модернизация должна обеспечивать устранение текущего дефекта, улучшение управляемости технического состояния. Локальный ремонт остается необходимым инструментом, однако не может быть универсальной стратегией для систем с накопленным износом.

Практическое внедрение методики может осуществляться в виде электронной расчетной формы. Так, пользователь вводит параметры системы, результаты диагностики и состав вариантов, программа выполняет нормирование, проверяет пороговые условия, рассчитывает LCC и формирует рейтинг. Отдельно должна отображаться чувствительность результата к изменению весовых индикаторов.

Ограничениями авторской методики представляются, в частности, точность интегральной оценки, которая зависит от качества исходной диагностики, стоимость последствий опасных событий, соотносящаяся с высокой неопределенностью, кроме того, применение экспертных баллов создает субъективность.

Заключение

Выбор варианта модернизации трубопроводной системы газоснабжения здания должен осуществляться с учетом надежности, безопасности, эксплуатационной эффективности, инновационности и инвестиционной эффективности.

Разработана иерархическая система критериев, объединяющая технические, эксплуатационные, инновационные и стоимостные показатели в единой безразмерной шкале.

Предложен интегральный показатель эффективности модернизации объекта.

Введены обязательные пороговые ограничения по надежности и безопасности. В соответствии с результатами исследования максимальную интегральную оценку получила комплексная инновационная модернизация, преимущество которой определяется повышением надежности, безопасности, диагностируемости и качества управления техническим состоянием.

Практическое применение методики даст проектным и эксплуатирующим организациям повысить обоснованность решений о ремонте, реконструкции и техническом перевооружении систем газоснабжения зданий в контексте действующих нормативных актов [16-20].

Литература

1. Об утверждении технического регламента о безопасности сетей газораспределения и газопотребления : постановление Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010 г. № 870 : в ред. от 14 декабря 2018 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2010. — № 45. — Ст. 5853.
2. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 : с изм. № 1-4 : свод правил : издание официальное / Министерство регионального развития Российской Федерации. - Москва : Минрегион России, 2011.
3. ГОСТ Р 27.102-2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. - Москва: Российский институт стандартизации, 2021.
4. Харисов Р. А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем : специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа, 2011. – 246 с. – EDN QFIFNH.
5. Харисов Р. А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем : специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа, 2011. – 23 с. – EDN ORDYVX.
6. Гумеров К. М., Харисов Р. А. Оценка допустимого радиуса изгиба трубопровода // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – № 2(108). – С. 73-83. – EDN YRXVSB.
7. Харисов Р. А., Исаев Ш. З., Латыпов А. М. Расчетная оценка кривых малоцикловой трещиностойкости металла труб // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – № 2. – С. 349-353. – EDN RPEQQB.
8. Зайнуллин Р. С., Харисов Р. А., Мухаметзянов А. Н. Оценка влияния низких температур на трещиностойкость сталей, применяемых в нефтегазовой отрасли // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 116-119. – DOI 10.24887/0028-2448-2017-10-116-119. – EDN ZPDYNJ.
9. СП 402.1325800.2018. Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления : с Изменением № 1 : свод правил : издание официальное / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. - Москва : Стандартинформ, 2019.
10. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии : межгосударственный стандарт : издание официальное. - Москва : Стандартинформ, 2016.
11. Куровский С. В., Мишин Д. А. Автоматизация технологических процессов при использовании трубопроводов в нефтяной отрасли // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2025. - № 11. - С. 92-99.
12. ISO 15686-5:2017. Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life-cycle costing. - Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
13. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. - Москва: Стандартинформ, 2020.
14. Куровский С. В., Мишин Д. А. Наноингибиторы коррозии для транспортируемых сред в трубопроводной системе // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2026. - № 1. - С. 88-95.
15. Куровский С. В., Мишин Д. А. Обеспечение экологической безопасности при строительстве трубопроводных систем в нефтегазовом секторе // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2025. - № 11. - С. 264-268.
16. ГОСТ 5542-2022. Газ природный промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное. - Москва : Российский институт стандартизации, 2022.
17. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное. - Москва : Стандартинформ, 2020.
18. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ : в ред. от 25 декабря 2023 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2010. - № 1. - Ст. 5.
19. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : в действующей редакции // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2008. - № 30, ч. 1. - Ст. 3579.
20. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : межгосударственный стандарт : издание официальное. - Москва : Российский институт стандартизации, 2024. - IV, 64 с.

Methodology for selecting innovative solutions for the modernization of building gas-supply pipeline systems based on an integrated assessment

Kurovsky S.V., Mishin D.A., Yusin D.S.
LLC "Higher School of Education", ITMO University

JEL classification: L61, L74, R53

The relevance of this study stems from the need to modernize building gas supply pipeline systems, many of which operate under conditions of accumulating corrosion damage, aging protective coatings, and increasing maintenance costs. The choice of modernization option is often based on the initial capital expenditure, while reliability, safety, and lifecycle cost indicators are considered separately. The objective of this study is to develop a methodology for comparatively evaluating building gas supply pipeline system modernization options, integrating technical, operational, innovation, and investment criteria. A hierarchical system of indicators is proposed, including reliability, safety, operational efficiency, innovation, and investment efficiency. Thresholds for reliability and safety levels were introduced, and the methodology was tested at a facility including both outdoor and indoor sections of the gas supply network. Local restoration, sectional, and comprehensive modernization scenarios with digital monitoring were compared. The latter received the highest integrated score, with the sectional option proving to be the most cost-effective in terms of lifecycle costs. The practical significance of the results lies in the potential application of the proposed methodology by design and operating organizations when preparing decisions on the repair and technical upgrade of gas supply systems.

Keywords: gas supply to buildings, gas pipeline, modernization, reliability, safety, life cycle cost, innovation, digital monitoring, investment efficiency; integrated indicator.

References

1. On approval of the technical regulations on the safety of gas distribution and gas consumption networks: Resolution of the Government of the Russian Federation of October 29, 2010 No. 870: as amended on December 14, 2018 // Collected Legislation of the Russian Federation. — 2010. — No. 45. — Art. 5853.
2. SP 62.13330.2011. Gas distribution systems. Updated version of SNiP 42-01-2002: with amendments No. 1-4: set of rules: official publication / Ministry of Regional Development of the Russian Federation. - Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011.
3. GOST R 27.102-2021. Reliability in engineering. Facility reliability. Terms and definitions. - Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021.
4. Kharisov R. A. Improving the Technology of Pipeline Insulation with Polymer Tape Coatings with a Double-Sided Adhesive Layer: specialty 25.00.19 "Construction and Operation of Oil and Gas Pipelines, Bases and Storage Facilities": dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. - Ufa, 2011. - 246 p. - EDN QFIFNH.
5. Kharisov R. A. Improving the Technology of Pipeline Insulation with Polymer Tape Coatings with a Double-Sided Adhesive Layer: specialty 25.00.19 "Construction and Operation of Oil and Gas Pipelines, Bases and Storage Facilities": abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. - Ufa, 2011. - 23 p. - EDN ORDYVX.
6. Gumerov K. M., Kharisov R. A. Estimation of the permissible bending radius of a pipeline // Problems of collection, preparation and transportation of oil and oil products. - 2017. - No. 2 (108). - P. 73-83. - EDN YRXVSB.
7. Kharisov R. A., Isaev Sh. Z., Latypov A. M. Calculation of low-cycle crack resistance curves of pipe metal // Electronic scientific journal Oil and Gas Business. - 2012. - No. 2. - P. 349-353. - EDN RPEQQB.
8. Zaynullin R. S., Kharisov R. A., Mukhametzyanov A. N. Estimation of the influence of low temperatures on the crack resistance of steels used in the oil and gas industry // Oil industry. – 2017. – No. 10. – P. 116-119. – DOI 10.24887/0028-2448-2017-10-116-119. – EDN ZPDYNJ.

Синтез музыки и архитектуры в истории искусств: от античного амфитеатра к акустическому модернизму

Андрияш Анна Владимировна
старший преподаватель, факультет архитектуры и дизайна, Кубанский государственный университет, avv_1990@mail.ru,

Лебедев Олег Павлович
студент, отделение архитектуры, Краснодарский архитектурно-строительный техникум, oleg.pav.lebedev@mail.ru

Сегодня происходит пересмотр современной системы образования. И это касается не только отказа от Болонской системы и возрождения отечественных традиций. Эти преобразования гораздо шире. С одной стороны, доказала свою актуальность для работодателей и востребованность со стороны абитуриентов система подготовки кадров на базе среднего профессионального образования – это отчетливо видно по наборам в профильные колледжи и техникумы. А с другой стороны, в современных условиях жесткой конкуренции на рынке труда востребованы специалисты с широким набором компетенций и кругозором, что обуславливает определенные требования и к абитуриентам, и к выпускникам.
Ключевые слова: архитектура, музыка, акустика, звук, резонатор, концертный зал, модернизм.

Введение

В 2026 г. вырос поток абитуриентов российские колледжи – подано на 18% больше заявлений, чем за аналогичный период прошлого года. [1]. Например, в Краснодарский архитектурно-строительный техникум в 2026 году на специальность Архитектура подано 751 заявление. У абитуриентов требуется наличие определенных творческих способностей – проводится вступительное испытание в форме графической работы, состоящей из двух частей – натюрморт и чертеж детали в трех проекциях [2].

Аналогичный конкурсный отбор характерен и для высшего образования. Так, для поступающих в КубГУ по специальности Архитектура проводятся дополнительные вступительные испытания творческой/профессиональной направленности – архитектурная композиция и архитектурное черчение [3].

Соответственно у абитуриентов уже необходимо наличие определенных компетенций. Преподавание черчения сегодня возрождается в системе школьного образования, а развить художественные способности школьники могут в рамках дополнительного образования посещая художественные школы и художественные отделения в детских школах искусств [4, 5]. Полученные знания не только расширяют кругозор обучающихся, но и становятся базой для изучения истории архитектуры. В свою очередь, изучение истории архитектуры, примеров синтеза музыки и архитектуры, позволяет студентам всесторонне анализировать современные архитектурные сооружения и работать над совершенством технологий строительства и проектирования.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ литературных источников, анализ методических рекомендаций, правил проведения вступительных испытаний, реализуемых программ дополнительного образования, методики изучения истории архитектуры.

Результаты исследования и их обсуждение

Представителей творческих профессий, как правило, отличает широкий кругозор в области искусства. Античный теоретик архитектуры Марк Поллион Витрувий, описывал архитектуру как искусство и говорил, что «зиждется она на трёх китах: прочность, польза и красота» [6]. Уже тогда формировался набор универсальных компетенций. Примечательно, что в античной и средневековой системах образования употреблялся термин «семь свободных искусств» (лат. Septem Artes Liberales). По сути, это набор учебных дисциплин, соответствующих уровням обучения: искусства слова (грамматика и риторика), мышления (диалектика) и числа (арифметика, геометрия, астрономия, музыка). Примечательно, что музыка относилась к той же ступени, что и геометрия, а поэты-символисты считали ее высшим искусством – только музыка могла передать все тонкие переливы настроений, смутные ощущения и «несказанные» переживания людей.

О единстве науки и искусств писали великие мастера эпохи Возрождения, Р. Бэкон и И. Кант. В беседе с И. Эккерманом И.В. Гете назвал архитектуру «застывшей музыкой». В своей книге «Геометрия как искусство» известный математик Д. Пидоу писал, что математика и искусство возникли одновременно, и их происхождение было связано с религиозно-философскими исканиями человека [7].

Сегодня обучение в художественных школах и школах искусств наряду с изучением математики и геометрии в общеобразовательных школах является важным этапом формирования мировоззрения будущего архитектора. Так, изучая историю искусств на художественном отделении в ДШИ № 13 им. Д.А. Хворостовского ученики выполняют творческое задание по теме «Музыка как вид искусства» и узнают, что Н.А. Римский-Корсаков и А.Н. Скрябин обладали «цветным слухом», а В.В. Кандинский соотносил с определенным цветом тот или иной музыкальный тембр [8]. Полученные знания не только расширяют кругозор, но и становятся необходимой базой для изучения истории архитектуры и понимания ее современных тенденций. Рассмотрим некоторые примеры взаимодействия искусств, которые сегодня изучают студенты.

Связь архитектуры и музыки ярче всего проявляется в церемониальных и сакральных пространствах. Идея использовать особенности распространения звука в помещении как средство воздействия была воплощена прежде всего в античных театрах и храмах, таких как Театр в Эпидавре, Одеон Герода Аттика или театр Диониса в Афинах (рис. 1 и 2).

Идеальная форма каменных амфитеатров отражала голоса актеров и звуки музыкальных инструментов. В итоге даже сидящие на последних рядах могли полностью погрузиться в происходящее на сцене действие. Ключевыми элементами сооружения являются орхестра, скена и театрон. Орхестра – круглая площадка диаметром около 20 метров, где выступали хор и актёры. Именно здесь рождался звук. Скена – каменная стена (первоначально деревянная, затем каменная) за орхестрой отражающая голоса актёров обратно в зрительный зал. Театрон – зрительские места, вырубленные в склоне холма полукругом, с 55 рядами каменных скамей, поднимающимися вверх.



Рисунок 1 – Театр в Эпидавре, фото Ronny Siegel

Полукруглая форма театрона позволяет звуку, идущему из центра оркестры, распространяется равномерно во все стороны, не создавая «мёртвых зон». Любая точка на любой скамье находится на примерно одинаковом акустическом расстоянии от источника. Ступени театрона поднимаются под углом около 26 градусов. Это не только удобно для обзора, но и создаёт ступенчатый отражатель. Звук, уходящий вверх, попадает на каменную поверхность следующего ряда, отражается и направляется дальше вверх. Каждый ряд скамей работает как маленький рефлектор, передающий звук следующему ряду. Вертикальные лестницы, разделяющие сектора зрительских мест (клинья – kerkides), работают как акустические «щели» – они предотвращают образование стоячих волн и гасят паразитные резонансы.

Специалисты Технологического института Джорджии пришли к выводу, что сиденья играют важную роль в акустике театра – их форма и материал способствуют фильтрации частот. Эксперименты с ультразвуковыми волнами и численное моделирование доказали, что ступенчатые ряды известняковых сидений театрона подавляют звуки с частотой до 500 Гц – к ним относится гул толпы, шелест деревьев, шум ветра – и отражают высокие частоты (выше 500 Гц), в которых заключена разборчивость человеческой речи. Создается эффект, аналогичный рифленым акустическим панелям на стенах. [9]

Римляне добавили греческой театральной форме инженерный прагматизм. Они строили театры не только на склонах холмов, но и на равнинах – с помощью мощных арочных конструкций, создающих искусственный «холм». Римские архитекторы подняли сцену, сделали стены за ней, увеличили крутизну рядов и использовали более твердые материалы. Они изобрели (довели до совершенства) технологию акустических резонаторов. Римский архитектор I века до н.э. Витрувий писал: «По правилам математики и методам музыки они стремились, чтобы голоса со сцены поднимались к ушам зрителей яснее и слаще». [6]



Рисунок 2 – Театр Диониса в Афинах. Фото Tengiene, www.tripadvisor.ru

Одним из ярких примеров наследия этих античных технологий является Амфитеатр парка «Краснодар», вмещающий около 200 человек (рис. 3).

Он оборудован большим экраном и звуковой системой, но принципы возведения и три ключевых элемента – это наследие античных архитекторов.

Античное наследие можно увидеть в архитектуре зданий концертных залов и филармоний по всему миру. Например, в Краснодарской филармонии (рис. 4). зал полукруглой формы, ярусы зрительных рядов, акустические элементы и приемы, отражающие звук.



Рисунок 3 – Амфитеатр парка «Краснодар». Фото Кукарта.ру



Рисунок 4 – Зал Краснодарской филармонии имени Г.Ф. Пономаренко. Фото из материалов официальной группы филармонии

Технологию акустических резонаторов античности усовершенствовали в период средневековья. В византийских храмах, а после и в готических соборах звук становился частью священного действия: реверберация куполов, задержка звука в нефах, многократные отражения голосов певчих создавали неземное ощущение. Звук не только эмоционально усиливал восприятие этих пространств, но и дополнял их, создавая единое восприятие (рис. 5). [10]

Готический собор является гигантским резонатором. Массивные каменные колонны и ребристые своды формируют длинные пути отражений, увеличивая время затухания звука, а витражи рассеивают высокочастотные компоненты. Орган в соборе – не просто инструмент, он часть архитектуры. Музыка, написанная для готических соборов, буквально создавалась под их акустику и звучит по-настоящему только в этих стенах.



Рисунок 5 – Базилика делла Колледжата в Катании. Фото Janusz Leszczynski

Византийский стиль в рамках «русского национального стиля» был типичным для русских храмов XIX-XX веков. Несмотря на то, что в православных храмах практически не встречаются органы, звук, особенно во время литургий, здесь также имеет большое значение. В архитектуре Казанского собора Санкт-Петербурга А.Н. Воронихин сочетал формы базиликального (чи-

сто римского) и крестово-купольного храма. Здание вытянуто с запада на восток в форме четырехконечного латинского креста и в средокрестии увенчано стройным куполом.



Рисунок 6 – Казанский кафедральный собор. Фото автора

Ближайшим по времени и стилю прототипом Казанского собора является собор святого Петра в Риме. Внутри храм имеет форму римской базилики, разделенной четырьмя рядами гранитных монолитных колонн коринфского ордера на три коридора – нефа, в которых, так же как в готических соборах, отражается звук (рис. 6). [11].

Однако на этом перечень акустических архитектурных решений не заканчивается. Большое значение имеет сама форма здания. От северного портика простирается полукруглая колоннада из 96 колонн коринфского ордера. Она не просто украшает здание, и формирует перед ним общественное. Полукруглая форма зданий также имеет значение для акустики. (рис. 7).



Рисунок 7 – Полукруглая колоннада Казанского кафедрального собора [11]

Звук ведет себя совершенно иначе со стенами. Создается эффект так называемых «шепчущих стен» – звук охватывает внутреннюю часть стены и с удивительной громкостью переносится на другую сторону [11]. Эти принципы использовали архитекторы для многих общественных зданий, где имела значение услышанная информация, в том числе объявления.

Примерами такой акустической архитектуры являются здания железнодорожных вокзалов 1950-х гг. В.Ф. Скаржинского в Воронеже (рис. 8), А.Н. Душкина в Сочи (рис. 9, 10) и др., где помимо изогнутых форм потолков и отражающих звуки элементов убранства и отделки используется и полукруглая форма самих зданий.

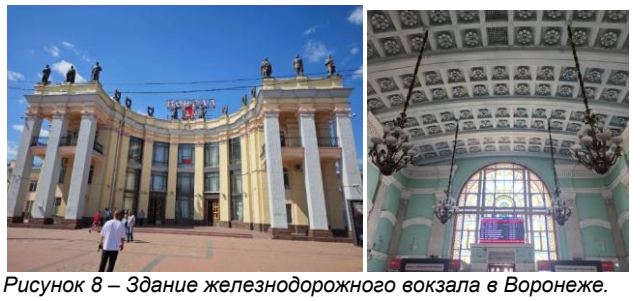


Рисунок 8 – Здание железнодорожного вокзала в Воронеже. Фото автора



Рисунок 9 – Здание железнодорожного вокзала в Сочи, 2025. Фото автора.



Рисунок 10 – Зал здания железнодорожного вокзала в Сочи [12]

Традиционные материалы обладали понятными акустическими свойствами: камень отражал звук, дерево поглощало, а штукатурка рассеивала. В XX в. появились новые строительные технологии – железобетон, многоэтажный каркас, большепролётные металлические конструкции, сплошное остекление. К 1930 г. получили массовую доступность способы электрического усиления звука. Это переложило акустические задачи с архитекторов на других специалистов. Соответственно, инструментом архитектора-модерниста в значительно большей, чем прежде, степени стала не собственно форма или её элементы, а пространство, особая организация которого должна была и управлять деятельностью людей, и создавать форму.

Для модернизма был характерен визуальный ряд. «Архитектура – это игра объёмов под светом», – писал Ле Корбюзье. Согласно методике Иоганнеса Иттена в Баухаусе учили студентов видеть форму, цвет, фактуру, композицию [13]. Акустика если и упоминалась, то как техническая вторичная деталь, задача для инженеров. Это носило массовый, повсеместный характер и тем ценнее уникальные здания того периода, «выбивающиеся» из общего ряда.

Тандем «музыка-архитектура» воплотил Янис Ксенакис (композитор и архитектор), работавший в бюро Ле Корбюзье при создании павильона крупнейшей электротехнической компании Philips для всемирной выставки ЭКСПО-58 в Брюсселе. [8, 14]

К моменту начала работы над проектом павильона «Филипс» Я.Ксенакис как композитор уже написал «Metastasis». Партитура сочинения

«Metastasis» является по сути рисунком, изображающим, как движутся в этой пьесе линии отдельных инструментов: сближаются, разъезжаются, уплотняются, ломаются (рис. 11). И она очень сильно напоминает схему металлического каркаса зданий, которые проектировал Я.Ксенакис. [8] Четыре нити на стержнях павильона «Филипс» – это модель, отображающая аналогии партитуры и процесса скручивания плоскости в гиперболоид. В результате из плоской линейчатой схемы выполняется переход к гиперболоиду. Из совокупности таких гиперболоидов был построен окончательный каркас павильона – своеобразный фрейм, который может быть «заполнен» либо паузами, либо высоко или низко звучащими нотами-струнами (рис. 12).

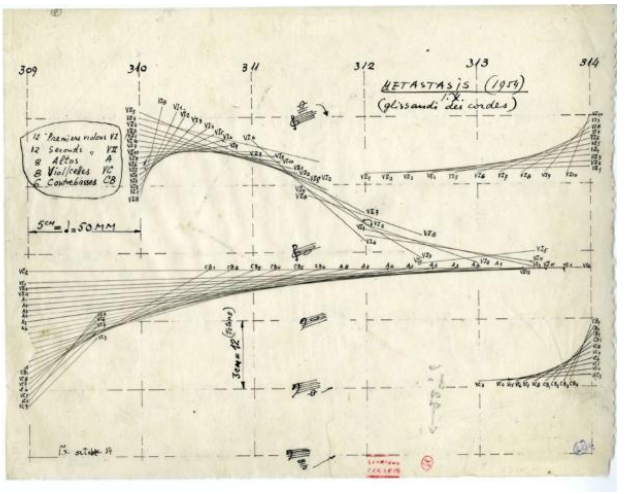


Рисунок 11 – Партитура сочинения «Metastasis» [15]

Моделирование сложных и весьма необычных форм павильона производилось математическим методом построения поверхностей 2-го и 3-го порядка (гиперболоид вращения). Его основная конструкция, вантовая в основе, с туго натянутыми металлическими растяжками, напоминает архаический струнный музыкальный инструмент по типу арфы. [9, 14, 15, 16]

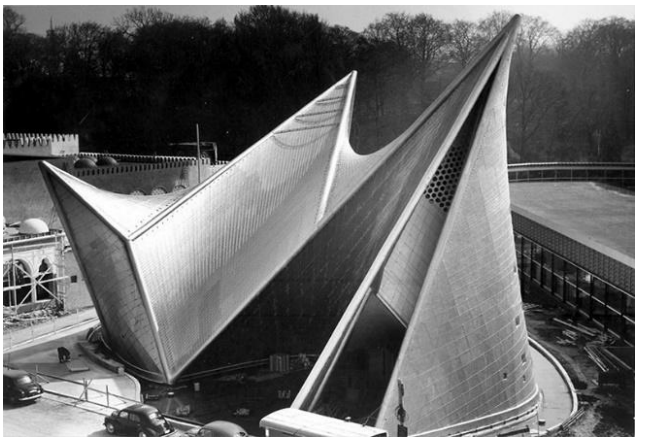


Рисунок 12 – Павильон «Филипс» - «Электронная поэма» [15]

Здание павильона одновременно вмещало приблизительно 500 зрителей. При входе посетителя со всех сторон окружала поверхность оболочек сложной кривизны. Проекция фильмов «Электронной поэмы» одновременно демонстрировалась на двух противоположных кривых поверхностях, охватывающих зрительный зал, в то же время со всех других поверхностей зала возникал разноцветный свет, сопровождаемый звуками и шумами.

После выставки павильон разобрали. Идеи Ксенакиса «форма = партитура» и «динамик = строительный материал» стали основой для саунд-арта (sound art) и акустического модернизма второго поколения, а новаторская конструкция павильона «Филипс» предвосхитила появление целого направления в строительстве: вантовые перекрытия Олимпийского комплекса в Токио, архитектора Кэндзо Тангэ, здание Концертного зала имени Уолта Диснея в Лос-Анджелесе, архитектора Фрэнка Гери (рис. 13).

Гери говорил, что как и все его проекты, концертный зал проектировался «изнутри наружу», что усиливает чистоту звучания в нем. Находясь в здании, слушатель словно оказывается внутри огромной деревянной виолончели: стены из дуба и пихты вибрируют вместе с аккордами музыкальных инструментов, звук обтекает пространство. Само здание же становится единой архитектурной симфонией из развевающихся металлических парусов и акустических отражателей, объединённых крупными ритмичными фрагментами – подобно тем контрастам, которые Бетховен использовал в своей симфонии №3 [17].



Рисунок 13 – Концертного зала имени Уолта Диснея, Лос-Анджелес [17]

Современные строительные технологии и материалы дают большой творческий простор. Звуковые инженерные системы позволяют воплотить любые идеи с акцентом на естественную акустику. Таким примером является здание концертного зала «Зарядье» (рис. 14, 15). Уникальный проект создали и реализовали С. Кузнецов, В. Плоткин и ТПО «Резерв» [18]. Формы здания гибкие, текучие, без жёсткой симметрии. Это создаёт ощущение движения, как в музыкальной композиции, где темы развиваются нелинейно.



Рисунок 14 – Концертный зал «Зарядье». Фотограф А. Народицкий [18]



Рисунок 15 – Помещение концертного зала «Зарядье». Фотограф И. Иванов

В то же время в лаконичных, чистых линиях, в работе с пространством архитекторы делают отсылку к оттепельному модернизму. Архитектура здесь не просто отражает музыку, а как бы запечатлевает её суть: эмоции и математическую строгость. В плотной, цельной форме зала все элементы (объёмы, плоскости, линии) подчинены единой задаче – раскрыть звук.

По первоначальному проекту предполагалось возведение полностью стеклянной стены южного фасада. Однако она не дала бы правильного звучания музыки. Поэтому рама большого мультимедийного экрана для трансляции концертов – это облицованная камнем стена с рельефными рядами каменных полос (рис. 16).

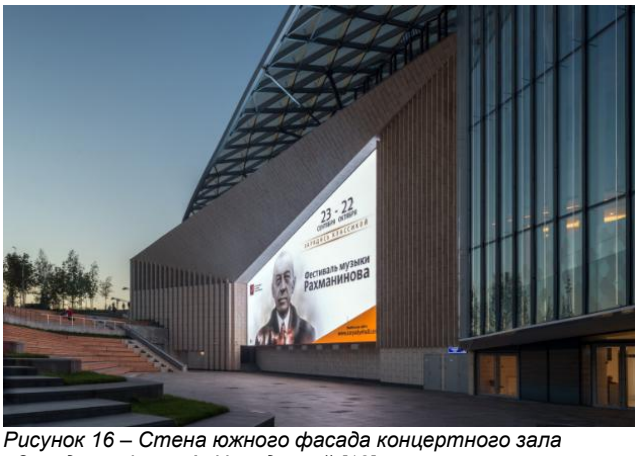


Рисунок 16 – Стена южного фасада концертного зала «Зарядье». Фото А. Народицкий [18]

Авторы проекта концертного зала активно использовали современные технологии: сложную механику трансформируемого пространства (чтобы менять конфигурацию сцены, партера, оркестровой ямы под разные форматы), «стеклянную кору» со встроенными солнечными батареями, акустические панели с микрорельефом для идеальной реверберации. Все эти инновации работают на раскрытие того самого образа, который был намечен модернистами шестидесятых. В этом синтезе традиций и нового, сложного опыта для зрителей и рождается та самая метафора «кристаллизации» музыки – не застывшего образца, а процесса, в котором форма обретает особую, почти кристаллическую чёткость, будучи одновременно связанной с историей и устремлённой в будущее.

Заключение

Традиционно архитектура считалась, прежде всего, визуальным искусством. Пространство анализировали через свет, форму и цвет. Однако в последние десятилетия стало очевидно, что восприятие архитектурных объектов задействует почти все органы чувств: зрение, слух, обоняние и в некоторых случаях даже вкус. Поэтому современная архитектура всё чаще выходит за пределы только визуального восприятия и превращается в мультисенсорный опыт, где звук играет роль полноценного строительного материала.

Очевидным становится не изолированное изучение архитектуры, а синтез разных видов искусств. Возникла новая фундаментальная категория в теории познания – «архитектоника музыки». В университетах появляются разделы и даже отдельные дисциплины, посвященные изучению взаимосвязи музыки и архитектуры, студентов обучают искать в произведениях композиторов XX века геометрический потенциал перевода в архитектуру.

Оба вида искусств взаимосвязаны. Из музыки в архитектуру пришли такие термины, как ритм, метр, гармония, пропорция и даже «ансамбль». В музыке ритм определяет рисунок произведения, а в архитектуре помогает определить форму. За пропорции в музыке отвечают интервалы и ноты, в архитектуре же пропорции гарантируют баланс сооружения.

Сегодня от архитектурных инсталляций до общественных или городских пространств аудиальное сопровождение становится неотъемлемой частью заботы о ментальном комфорте и физическом самочувствии человека. Звуковая среда выстраивает глубинную связь между телом и внешним искусственным окружением, помогая человеку вступать с ним в активное взаимодействие на уровне не только эмоциональных, но и даже когнитивных реакций. Аудиодизайн способен формировать характер пространства, намекнуть на его назначение, задавать ритм, масштаб. Наследие архитекторов прошлых эпох, работавших со звуком, в сочетании с современными технологиями возведения зданий позволяют воплотить разнообразные идеи с акцентом на естественную акустику.

Литература

1. Ячменникова П. Колледжи дождались своих миллионов Газета «Коммерсантъ» №144 от 11.08.2026, стр. 2.
2. ГБПОУ КК «Краснодарский архитектурно-строительный техникум» Данные о количестве заявлений от поступающих на 15 августа 2026г. // КАСТ официальный сайт. URL: https://spokast.ru/admission/kolichestvo-podannyh-zayavlenij-2020/
3. Направления подготовки и вступительные испытания // КубГУ официальный сайт. URL: https://kubsu.ru/ru/fad/napravleniya-podgotovki-i-vstupitelnye-ispytaniya
4. Глава 5 Современные технологии в преподавании Черчения и Геометрии в школе как этап изучения Архитектуры / Комплексный подход к развитию личности в современной школе: монография. / Андрияш А.В., Лебедев О.П., Кузьминов В.С. и др. / Под общ. ред. научного совета ГНИИ «Нацразвитие». – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2025. С. 55-77. DOI 10.37539/M250916.2025.30.48.001
5. Андрияш А.В., Романова А.А., Паштова О.Ю. Теоретический анализ педагогических условий для развития проектной деятельности старшеклассников на курсе "Архитектурное черчение" в системе дополнительного образования // Современный образовательный процесс: психолого-педагогическое сопровождение, воспитательные стратегии. Материалы Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2024. – С. 269-271.
6. Витрувий. Десять книг об архитектуре. – М.: КомКнига, 2005. – С. 11-14 (Кн. I, Глава II, 1-9)
7. Пидоу Д. Геометрия и искусство / Перевод с английского Ю.А. Данилова под ред. И.М. Яглома. – М.: Издательство «Мир», 1979. 332 с. ил. (В мире науки и техники)
8. Лебедев О.П., Крыжановская И.Р. Историческое наследие Яниса Ксенакиса в архитектуре // Флагман науки: научный журнал. - №10(21). СПб., Изд. ГНИИ "Нацразвитие", Октябрь 2024. - 520 с. – С. 18-23
9. Как звук управляет пространством: акустика от амфитеатров до open-space // Главгосэкспертиза России, официальный сайт – 15 июля 2026. URL: https://gge.ru/press-center/news/kak-zvuk-upravlyaet-prostranstvom-akustika-ot-amfiteatrov-do-open-space/
10. Санду А. Как звучит архитектура / LOCUS официальный сайт – 28.08.2025 – URL: https://locusmagazine.ru/online/texts/tpost/r6eho91481-kak-zvuchit-arhitektura-aleksei-sandu
11. Казанский кафедральный собор / Официальный сайт – URL: https://kazansky-spb.ru/texts/architecture?ysclid=msrdowdp5k962759646
12. Сочи. Вокзал-праздник, вокзал-симфония // LIVEJOURNAL. URL: https://periskop.su/1580195.html?page=1&from=sds
13. Иоханнес Иттен. Искусство формы. Мой форкурс в Баухаузе и других школах // Перевод с немецкого. – Изд. Д. Аронов, 2001. ISBN 5-94056-009-1
14. Pavillon Philips, Brussels // Iannis Xenakis official website – Дата обращения: 12.10.2023. URL: https://www.iannis-xenakis.org/en/pavillon-philips-bruxelles/
15. Iannis Xenakis archives // Iannis Xenakis official website – Дата обращения: 12.10.2023. – [Электронный ресурс] URL: https://www.iannis-xenakis.org/en/les-archives-iannis-xenakis/
16. Дернов А. Композитор архитектурных форм // Форма – информационный портал для архитекторов, дизайнеров – Дата обращения: 12.10.2023. – URL: https://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d_008/main.shtml
17. Фрэнк Гери: 15 невероятных домов и проектов // Сетевое издание Marieclairemaison.ru. URL: https://mcmaison.ru/news-architecture/frenk-geri-15-neveroyatnykh-domov-i-proektov/?ysclid=muilfdnyum348663382
18. Тарабарина Ю. Кристалл музыки // Архи.ру – 15 октября 2018. URL: https://archi.ru/russia/80955/kristall-muzyki?ysclid=msria11uo3161650299

The synthesis of music and architecture in art history: from the ancient amphitheater to acoustic modernism

Andriyash A.V., Lebedev O.P.
Kuban State University, Faculty of Architecture and Design, Krasnodar Architectural and Construction Technical School

JEL classification: L61, L74, R53

The modern education system is currently undergoing a re-evaluation. This process extends beyond merely abandoning the Bologna Process and reviving domestic educational traditions; the scope of these transformations is far broader. On one hand, the system of workforce training based on secondary vocational education has proven its relevance to employers and its appeal to prospective students –a trend clearly evidenced by enrollment figures at specialized colleges and technical schools. On the other hand, the fierce competition characterizing today's labor market creates a demand for specialists possessing a broad range of competencies and a wide intellectual horizon, thereby imposing specific requirements on both prospective students and graduates.

Keywords: architecture, music, acoustics, sound, resonator, concert hall, modernism.

References

1. Yachmennikova P. Colleges Finally Receive Their Millions. Kommersant newspaper, No. 144, August 11, 2026, p. 2.
2. Krasnodar Architectural and Construction Technical School. Data on the number of applications from prospective students as of August 15, 2026. KAST official website. URL: https://spokast.ru/admission/kolichestvo-podannyh-zayavlenij-2020/
3. Fields of Study and Entrance Examinations. KubSU official website. URL: https://kubsu.ru/ru/fad/napravleniya-podgotovki-i-vstupitelnye-ispytaniya
4. Chapter 5: Modern Technologies in Teaching Technical Drawing and Geometry in Schools as a Stage in the Study of Architecture. A Comprehensive Approach to Personality Development in the Modern School: Monograph. Andriyash A.V., Lebedev O.P., Kuzminov V.S., et al. Under the general editorship of the Scientific Council of the State Research Institute (GNII) "Natsrazvitie". – St. Petersburg: GNII "Natsrazvitie", 2025. pp. 55–77. DOI 10.37539/M250916.2025.30.48.001
5. Andriyash A.V., Romanova A.A., Pashtova O.Yu. Theoretical analysis of pedagogical conditions for developing project-based activities among high school students in the "Architectural Drafting" course within the supplementary education system. Modern Educational Process: Psychological and Pedagogical Support, Educational Strategies. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Cheboksary, 2024. – pp. 269-271.

Границы применимости расчётных моделей анкерных креплений навесных фасадов к железобетону

Луков Алексей Владимирович
кандидат технических наук, доцент, кафедра «Испытаний сооружений», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, vokul@yandex.ru,

Магомедов Исабек Магомедович
магистр ИДО, кафедра «Испытаний сооружений», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Исследованы условия переноса нормативных зависимостей и опубликованных испытательных данных на расчёт анкерного крепления навесного фасада к железобетонному основанию. Метод включает сопоставление областей применимости источников, проверку состава входных параметров аналитического модуля и независимое воспроизведение контрольного вычисления. Установлено, что российские нормы предусматривают групповую работу и краевые эффекты, тогда как исследуемый модуль не связывает часть соответствующих геометрических параметров с результатом расчёта. В контрольном примере показатель взаимодействия растяжения и сдвига составляет 0,788635, а после последовательного применения заданного множителя сопротивлений 0,85 возрастает до 1,006346; это выявляет несогласованность программного решения, но не подтверждает усталостную прочность изделия. Предложен порядок обоснования модели, который разграничивает проверку вычислений, квалификацию анкерного изделия и физическую валидацию и определяет состав данных для учёта группы, циклических воздействий и монтажных отклонений.

Ключевые слова: навесной фасад, железобетонное основание, анкерное крепление, анкерная группа, краевой эффект, выкалывание бетона, циклическое нагружение, усталость, монтажные отклонения, верификация вычислений, валидация модели, область применимости.

Постановка проблемы

Крепление фасадного кронштейна к железобетону связывает распределённую нагрузку от облицовки с локальным сопротивлением основания. Подконструкция передаёт усилия через опорную пластину, анкеры и контактную зону. Эксцентриситет нагрузки, податливость пластины и расположение свободных граней определяют, какая часть усилий приходится на каждый анкер. Поэтому результат расчёта одиночного крепежа становится характеристикой узла только после проверки схемы передачи нагрузки.

Особенно существенна эта связь при креплении к торцу перекрытия. Перенос отверстия меняет расстояния до верхней и нижней граней, положение относительно арматуры и плечо сил в кронштейне. Увеличение эффективной глубины анкеровки способно повысить сопротивление одному механизму разрушения и одновременно усилить влияние другого геометрического ограничения. Проверка лишь диаметра анкера и прочности бетона оставляет эти изменения за пределами модели.

Цель статьи — установить критерии достаточности расчётной модели фасадной анкеровки по результатам критического анализа первой главы ВКР и её исходного аналитического модуля [15]. Исследовательский вопрос состоит в том, какие доказательства позволяют перейти от воспроизводимого численного результата к обоснованному выводу о конкретном креплении. Объект рассмотрения ограничен стальными механическими и клеевыми анкерами в бетонном основании; крепление облицовки к направляющим и пластиковые фасадные дюбели требуют иных расчётных постановок.

Материалы и метод исследования

Исследование объединяет целевой обзор источников и проверку вычислительной логики. В нормативную группу включены документы, которые непосредственно определяют расчёт анкеров, закладных деталей и геометрические допуски. Экспериментальную группу составляют публикации с установленным типом крепления, режимом нагружения и измеряемым результатом. Документы производителей рассмотрены как источники характеристик определённых изделий и условий их применения. Отбор ориентирован на три вопроса первой главы: групповую работу у края, циклическое воздействие и монтажную изменчивость. Обзор не претендует на библиометрическую полноту.

Для каждого источника сопоставлены предмет расчёта, вид нагрузки, состояние бетона, геометрия крепления и уровень результата. Средняя предельная нагрузка опыта, характеристическое сопротивление изделия и расчётное сопротивление после введения коэффициентов надёжности учитываются раздельно. Результаты объединяются только при совпадении определений сравниваемых величин. Источник, описывающий квалификационное испытание, сам по себе не подтверждает численную модель контактного взаимодействия анкера и бетона.

Первичная вычислительная база — Python-модуль одиночного анкера, приложенный к исследуемой ВКР. Его название содержит ссылку на EN 1992-4, но соответствие стандарту проверяется по составу зависимостей, а не по названию файла. В статье сохранены исходные формулы и коэффициенты: исправление модели до анализа скрыло бы причину выявленных расхождений. Контроль выполнен повторным запуском модуля и отдельным вычислением его ветвей без вызова исходных функций. Проверка касается аналитического алгоритма; конечные элементы и результаты натурных испытаний в исходной базе отсутствуют.

Методическая последовательность начинается с установления физического смысла входа. Затем проверяются его участие в формуле, выбор определяющего сопротивления и связь этого сопротивления с окончательным условием. Варьирование параметра служит диагностикой: отсутствие реакции при заведомо изменённой геометрии требует проверки кода и области применимости, прежде чем исследователь станет объяснять его свойствами реального крепления.

Различия нормативных и экспериментальных подходов

Отечественная традиция расчёта закладных деталей не ограничивалась одиночным стержнем. Рекомендации НИИЖБ 1984 года относятся к стальным закладным деталям при статическом нагружении; пункт 1.6 предусматривает случайные эксцентриситеты вследствие монтажных и размерных отклонений, а раздел 4 рассматривает передачу усилий системой анкеров [2]. Эти положения подтверждают существование геометрической постановки, но не дают основания считать закладную деталь и установленный в просверленное отверстие анкер одной расчётной системой.

Приложение Б СП 63.13330.2018 посвящено закладным деталям, в том числе нормальным анкерам, приваренным к плоским стальным элементам [3]. Распорный анкер передаёт усилие через контакт с поверхностью подготовленного отверстия; для клеевого крепления значимы также состав, очистка, влажность и отверждение. Перенос формул между этими конструкциями только по совпадению диаметра или глубины не сохраняет механизм передачи нагрузки.

Непосредственную российскую нормативную основу рассматриваемой задачи составляет СП 513.1325800.2022 [1]. Пункт 7.1.3.2 предусматривает проверку анкерной группы при выкалывании основания, а пункт 7.2.3.2 — при откалывании края под действием сдвига. Документ связывает сопротивление с геометрией группы и краёв. Его область охватывает основания из тяжёлого и мелкозернистого бетона B15–B60; положения не распространяются на проектирование в районах сейсмичностью 7 баллов и более. Следовательно, отсутствие группового расчёта в отдельной программе нельзя представлять как отсутствие такого расчёта в российской нормативной системе.

В зарубежном направлении важен переход к сопоставлению геометрически различающихся испытаний. Fuchs, Eligehausen и Breen [4] проверили CCD-подход на базе примерно 1200 европейских и американских испытаний. Рассмотрены одиночные анкеры и группы, близость края, растяжение и сдвиг в бетоне без трещин при монотонном нагружении. Сопоставление с ACI 349-85 выявило зависимость консервативности прежнего подхода от конфигурации крепления. Значимость этого результата для фасадного узла связана с охватом механизмов и геометрических случаев; число испытаний не расширяет автоматически область вывода на трещиноватый бетон и усталость.

EN 1992-4:2018 систематизирует проектирование креплений в бетоне [5]. Общность предмета с СП 513 позволяет сравнивать состав проверок, однако смешение частных коэффициентов разных нормативных систем создаёт самостоятельную, заново не обоснованную модель. Для расчётного сравнения нужны одинаковые нагрузки, геометрия и характеристики изделия с согласованным смыслом прочности бетона. Значение цилиндрической характеристики f_{ck} нельзя механически приравнивать к числу в обозначении российского класса B.

Экспериментальная база циклической работы неоднородна. Sharma, Mahadik и Hofmann [6] исследовали два типа подрезных анкеров при циклическом раскрытии трещины с постоянной, синфазной и противофазной растягивающей нагрузкой. По критерию перемещений постоянная нагрузка оказалась не всегда консервативной. Это результат о протоколе сейсмической квалификации; он не устанавливает ресурс фасадного анкера при многолетнем ветровом воздействии. Для переноса нужны история усилий и соответствующий ей механизм накопления повреждения.

Fröhlich и Castridis [7] выделяют самостоятельную проблему учёта дополнительного армирования при усталостном нагружении креплений. Их анализ показывает, почему статический эффект армирования нельзя без проверки включить в циклическое сопротивление. В фасадной задаче это ограничение существенно для малых глубин и близости граней: наличие арматуры около отверстия ещё не задаёт её работу как рассчитанного усиления зоны анкеровки.

Метод усталостного расчёта существует: EOTA TR 061 в редакции марта 2026 года устанавливает соответствующую процедуру для креплений с подтверждёнными в ETA усталостными характеристиками [8]. Документ охватывает нормальный тяжёлый бетон C20/25–C50/60 и требует учитывать статическую и циклическую составляющие. При этом область применения исключает сдвиг с плечом и дистанционную установку. Для фасадного кронштейна необходимо определить, возникает ли именно изгиб анкера вследствие такого сдвига: вылет кронштейна и плечо сдвига в самом крепеже не являются тождественными величинами. Ссылка на TR 061 не снимает этой проверки.

Монтажную изменчивость раскрывают две дополняющие друг друга экспериментальные стратегии. Cook и Konz [9] исследовали 20 клеевых продуктов 12 изготовителей в 765 испытаниях. Отдельные серии изменяли условия отверстия, характеристики бетона, выдержку и температуру относительно базовой установки. Такая организация позволяет выделять фактор, сохраняя условия сравнения. Для обобщения результата необходимо сохранять идентичность продукта: общий коэффициент «качества монтажа» не воспроизводит различия клеевых систем.

Zeman и соавторы [10] сопоставили четыре типа анкеров на четырёх строительных площадках Австрии с лабораторными испытаниями. В таблице 7 для клеевого анкера приведено среднее отношение нормированной площадочной предельной нагрузки к лабораторной 0,8 и коэффициент вариации этого отношения 0,11. Авторы ограничивают проверку монтажного коэффициента средними значениями из-за объёма испытаний. Эти числа описывают отношение сопротивлений, а не ошибку глубины отверстия; подстановка 0,11 как коэффициента вариации глубины изменила бы предмет измерения. Площадочный результат объединяет несколько источников изменчивости и требует иной интерпретации, чем однофакторный лабораторный опыт.

JCSS Probabilistic Model Code отделяет изменчивость физических входов от неопределённости расчётной модели [11]. Даже точное знание геометрии и материалов не устраняет ошибку неполной зависимости сопротивления. Введение случайной глубины в алгоритм, который не учитывает групповую работу, не превращает его в вероятностную модель группы. Исследователь должен оценивать неопределённость формы модели отдельно от разброса измерений.

Для геометрических допусков в статье использован ГОСТ Р 58942-2020 [12]. Пункт 4.2 связывает соответствие допусков средствам технологического обеспечения и контроля со статистическим анализом процессов. Нормативный интервал допустимых размеров и распределение фактической ошибки имеют разный смысл. Ссылка на класс точности не определяет автоматически нормальный закон, среднее смещение или стандартное отклонение глубины анкеровки. Эти параметры требуют измерений выбранного технологического процесса.

Проверяемость расчётной модели

Сопоставление подходов позволяет разделить доказательства по тому, какой вывод они поддерживают. Таблица 1 задаёт такую структуру проверки для рассматриваемой задачи. Она не ранжирует источники по объёму или престижности: нормативный документ, техническая оценка и эксперимент решают разные вопросы.

Таблица 1
Основания и пределы расчётного вывода

Основание	Что проверяет	Предел вывода
Норма расчёта	Состав проверок и условия применения	Не задаёт все характеристики изделия
ETA или паспорт	Характеристики указанного крепежа	Не охватывает произвольную установку
Лабораторный опыт	Отклик при заданном протоколе	Не заменяет историю нагрузок объекта
Площадочные данные	Результат в наблюдавшихся условиях	Не разделяют все причины разброса
Повторный расчёт	Исполнение выбранных формул	Не доказывает физическую точность

Первый результат применения этой структуры — локализация несоответствия между входной формой и расчётной зависимостью. Модуль хранит два шага группы s_1, s_2, второе краевое расстояние c_2 и коэффициент групповой работы, но не использует их при определении сопротивлений. Формулы содержат расстояние c_1 и толщину основания. Поэтому расчёт представляет одиночный анкер с ограниченным описанием геометрии, даже если пользователь заполняет поля, относящиеся к группе. Такая проверка выявляет неполноту алгоритма без подмены её утверждением о физическом отсутствии группового эффекта.

Для воспроизводимого контрольного случая приняты исходные параметры модуля: механический анкер с номинальным диаметром 12 мм, эффективным диаметром стального сечения 10,3 мм и глубиной 100 мм; f_{uk} = 580 МПа; f_{ck} = 25 МПа; бетон с трещинами; толщина основания 200 мм; $c_1 = c_2$ = 200 мм. Растягивающая и сдвигающая силы равны соответственно 5 и 1,5 кН. Множители 0,95 и 0,92 сохранены как заданные параметры, без приписывания им экспериментальной калибровки. Эти данные задают вычислительный пример, а не идентифицированное серийное изделие или объект строительства.

В воспроизводимой реализации сопротивление конусной ветви при отсутствии её краевого снижения вычисляется как $8{,}5\sqrt{25}\cdot 100^{1{,}5}\cdot 0{,}95\cdot 0{,}92/1500$ = 24,763333 кН. Итоговые минимумы составляют N_{Rd} = 24,763333 кН и V_{Rd} = 1,906454 кН. Для положительных N и V программа использует условие

$$\eta = (N/N_{Rd})^{1{,}5} + (V/V_{Rd})^{1{,}5} \le 1. \quad (1)$$

Отдельный расчёт по тем же зависимостям даёт η = 0,788635. Это проверка исполнения исходного алгоритма; числитель конусной формулы и обобщённая сдвиговая ветвь здесь не объявляются полной реализацией EN 1992-4. В частности, исходная программа не разделяет сдвиговые механизмы откалывания края и выкалывания за анкером. Совпадение итогового числа не подтверждает полноту набора предельных состояний.

Второе несоответствие возникает при обработке множителя, названного в модуле усталостным. Программа выводит уменьшенные значения kN_{Rd} и kV_{Rd} при k = 0,85, но окончательный статус определяет по исходным сопротивлениям. Если последовательно применить тот же множитель в условии (1), получим

$$\eta_k = \eta/k^{1{,}5} = 0{,}7886345105/0{,}85^{1{,}5} = 1{,}006346. \quad (2)$$

Граница $\eta_k = 1$ соответствует $k_{crit} = \eta^{2/3} = 0{,}853592$. Исходный множитель 0,85 находится ниже этого порога, и условие после снижения сопротивлений не выполняется. Варьирование k меняет выведенные сопротивления, но сохраняет прежний программный статус. Проверка доказывает разрыв связи между введённым параметром и решением; она не доказывает усталостное разрушение реального анкера, поскольку для k отсутствует физическая идентификация.

Различие между исследовательской сеткой и областью допуска изделия можно проверить по опубликованным документам без назначения расчётных сопротивлений. В техническом листе Hilti HST3 редакции ноября 2023 года указаны переменные эффективные глубины M10 40–100 мм и M12 50–125 мм [13]. В ETA-20/0603 от 13 ноября 2020 года для системы fischer FIS V Plus приведены интервалы M12 70–240 мм и M16 80–320 мм [14, табл. B3.1]. Это данные конкретных редакций и исполнений, которые нельзя объединять в один универсальный диапазон крепежа.

Для M12 пересечение только этих интервалов с исследовательским диапазоном 60–150 мм даёт 60–125 мм для HST3 и 70–150 мм для FIS V Plus. Даже такой простой фильтр формирует разные множества кандидатов. Пересечение интервалов не подтверждает допустимость установки: отдельно остаются толщина основания, края, шаг, состояние бетона и монтажные усло-

вия соответствующего документа. Например, точка глубины 60 мм не соответствует приведённому минимуму клеевой системы M12, хотя находится внутри исследовательской сетки.

Обсуждение результатов и условия переноса

Выявленные несоответствия имеют общий признак: неполнота доказательной связи может сохраняться при численно правдоподобном сопротивлении. Если стальная ветвь не определяет минимум, ошибочный коэффициент в ней останется незаметным в одном контрольном примере. Аналогично неизменность результата при варьировании шага может выглядеть как устойчивость решения, хотя программа вообще не использует шаг. Поэтому проверка должна охватывать промежуточные ветви и переходы между механизмами, а не только итоговую допустимость.

Для пространственной геометрии существенна ориентация основания. Толщина элемента по направлению заделки отличается от высоты торца плиты при горизонтальном бурении. Если высота доступного торца H равна 200 мм, ближайшая из верхней и нижней граней расположена на расстоянии $\min(y, H - y) \le H/2 = 100$ мм от оси отверстия. Задание одного $c_1 = 200$ мм не описывает обе эти грани и не подтверждает отсутствие краевого эффекта. Здесь вывод следует из геометрии, независимо от выбора эмпирической формулы сопротивления.

Полный перебор комбинаций улучшает вычислительный охват, но не характеризует распространённость решений на строительных площадках. Для матрицы первой главы число сочетаний $4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 = 3072$ задаётся четырьмя профилями, уровнями прочности, глубины, толщины, краевого расстояния и двумя состояниями бетона. Равный вес точек означает способ планирования вычислений. Чтобы оценить долю реально применяемых узлов, необходима выборка объектов и распределение этих параметров; увеличение числа запусков программы такую выборку не создаёт.

В инженерном исследовании достаточность модели целесообразно проверять через соответствие решению, которое предполагается принять. Для выбора глубины одиночного анкера нужен один набор данных. Для решения о креплении кронштейна двумя анкерами требуются дополнительно реакции пластины и сопротивление группы с учётом свободных граней. При прогнозировании ресурса вводятся история усилий и усталостные характеристики; при оценке надёжности монтажа — статистика геометрии и ошибок контроля. Область вывода расширяется после добавления соответствующих доказательств, а не после переименования расчётной модели.

Практическую реализацию предложенного порядка обеспечивает прослеживаемость данных. Проектировщик подконструкции передаёт сочетания реакций и точки их приложения. Расчётчик крепления фиксирует геометрию основания, идентификатор изделия, редакцию документа и перечень проверенных механизмов. Проверяющий воспроизводит контрольное вычисление и устанавливает, какие входы фактически изменяют итог. Монтажная запись связывает измеренную геометрию с тем же идентификатором узла. Это предлагаемая процедура, а не описание уже выполненного внедрения.

Для статистической идентификации монтажных отклонений исполнитель контроля должен сохранять номинал и измеренное значение, способ измерения, погрешность средства, тип изделия и условия установки. Глубину отверстия нельзя автоматически считать эффективной глубиной установленного анкера; их связь задаёт конструкция изделия. Совместная обработка разных способов бурения и систем крепежа допустима после проверки однородности данных. При повторяющихся отклонениях полезно исследовать зависимость от инструмента и исполнителя, поскольку независимость ошибок отдельных отверстий не гарантирована.

В статье разграничены три направления дальнейшего развития исследуемой модели. Групповая постановка требует реализовать существующие нормативные зависимости и распределение усилий; циклическая — связать режим воздействия с применимой характеристикой изделия; вероятностная — идентифицировать распределения по наблюдениям. Эти задачи относятся к полноте рассматриваемого расчётного средства. Они не означают отсутствия исследований и нормативных методов в соответствующих предметных областях.

Заключение

Критическое сопоставление источников показало, что основная методическая трудность фасадной анкеровки возникает при переносе результата между уровнями описания: от одиночного анкера к узлу, от статического сопротивления к циклическому ресурсу и от заданного допуска к распределению монтажной ошибки. Для каждого перехода необходимы собственные входные данные и проверка области применимости. Объединение нормативных документов и испытательных публикаций без такого разграничения создаёт видимость полноты расчёта.

Проверка исходного модуля выявила неиспользуемые параметры группы и несогласованность итогового условия с заданным снижением сопротивлений. Независимое воспроизведение контрольного случая подтвердило вычислительную причину изменения вывода. Сравнение диапазонов глубины двух серийных систем дополнительно показало, что исследовательская сетка не совпадает с областью допуска конкретного изделия.

Авторский результат состоит в порядке проверки доказательной связи между исходным параметром, механизмом сопротивления и принимаемым решением. Он позволяет установить, какие выводы поддерживает существующая расчётная база и какие сведения нужно получить до её применения к фасадному узлу. Физическая валидация требует независимых испытаний идентифицированного крепления; оценка монтажной надёжности — представительной выборки измерений. До получения этих данных численные результаты характеризуют исследуемый алгоритм и не заменяют проектный расчёт конкретного здания.

Литература

1. СП 513.1325800.2022. Анкерные крепления к бетону. Правила проектирования. Утверждён приказом Минстроя России от 24.03.2022 № 188/пр. Разделы 1, 6, 7.
2. НИИЖБ Госстроя СССР. Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1984. 87 с.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Приложение Б. Утверждён приказом Минстроя России от 19.12.2018 № 832/пр.
4. Fuchs W., Eligehausen R., Breen J. E. Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete // ACI Structural Journal. 1995. Vol. 92. No. 1. P. 73–94. DOI: 10.14359/1533.
5. EN 1992-4:2018. Eurocode 2 — Design of concrete structures — Part 4: Design of fastenings for use in concrete. Brussels: CEN, 2018.
6. Sharma A., Mahadik V., Hofmann J. Influence of Tension Loading Protocol on Crack Cycling Tests on Undercut Anchors // ACI Structural Journal. 2016. Vol. 113. No. 4. P. 779–790. DOI: 10.14359/51688622.
7. Fröhlich T., Castridis S. Fatigue Behavior of Fastenings with Supplementary Reinforcement: Current Need for Research // Otto Graf Journal. 2022. Vol. 21. P. 55–66.
8. EOTA TR 061. Design method for fasteners in concrete under fatigue cyclic loading. Редакция марта 2026 г. Brussels: European Organisation for Technical Assessment, 2026. 20 p.
9. Cook R. A., Konz R. C. Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors // ACI Structural Journal. 2001. Vol. 98. No. 1. P. 76–86. DOI: 10.14359/10149.
10. Zeman O., Stierschneider E., Schwenn M., Bergmeister K. In-situ installation safety of post-installed anchorages—Investigations on construction sites // Civil Engineering Design. 2025. Vol. 7. No. 4. P. 202–210. DOI: 10.1002/cend.70003.
11. Joint Committee on Structural Safety. Probabilistic Model Code. Part 3: Resistance Models. Section 3.9: Model Uncertainties. Электронная публикация JCSS. 4 p.
12. ГОСТ Р 58942-2020. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. Утверждён приказом Росстандарта от 29.07.2020 № 425-ст. Пункты 4.1–4.2.
13. Hilti. HST3 Expansion Anchor. Technical Datasheet. Update Nov-23. 2023. 13 p. P. 3.
14. Deutsches Institut für Bautechnik. European Technical Assessment ETA-20/0603 of 13 November 2020. fischer Injection system FIS V Plus. Berlin: DIBt, 2020. 37 p. Annex B3.
15. Конструктивно-технологические решения анкеровки фасадных систем на монолитных каркасах. Расчёт, оптимизация и контроль качества: магистерская ВКР. Редакция «Финиш2». 2026. Гл. 1. Неопубликованная рукопись и сопровождающий расчётный Python-модуль одиночного анкера.

Applicability limits of calculation models for ventilated facade anchorages to reinforced concrete

Lukov A.V., Magomedov I.M.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This study examines the conditions for applying design provisions and published test data to the analysis of ventilated facade anchorages to reinforced concrete. The method combines a comparison of source applicability, an audit of the input parameters of an analytical module, and an independent reproduction of a reference calculation. Russian design provisions are shown to address anchor group behaviour and edge effects, whereas the investigated module does not link some relevant geometric inputs to its outputs. In the reference case, the tension–shear interaction index is 0.788635 and increases to 1.006346 when the specified resistance multiplier of 0.85 is consistently applied; this identifies an inconsistency in the computational decision but does not establish the fatigue resistance of an anchor product. An assessment procedure is proposed to distinguish calculation verification, anchor product qualification, and physical model validation and to define the data needed to account for group effects, cyclic actions, and installation deviations.

Keywords: ventilated facade, reinforced concrete substrate, anchorage, anchor group, edge effect, concrete breakout, cyclic loading, fatigue, installation deviations, calculation verification, model validation, applicability domain.

References

1. SP 513.1325800.2022. Anchoring to concrete. Design rules. Approved by the Ministry of Construction of Russia, Order No. 188/pr of 24 March 2022. Sections 1, 6, 7. (In Russian).
2. NIIZhB, USSR Gosstroy. Recommendations for the design of steel embedded parts for reinforced concrete structures. Moscow: Stroyizdat; 1984. 87 p. (In Russian).
3. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Appendix B. Approved by the Ministry of Construction of Russia, Order No. 832/pr of 19 December 2018. (In Russian).

4. Fuchs W., Eligehausen R., Breen J.E. Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete. ACI Structural Journal. 1995;92(1):73–94. DOI: 10.14359/1533.
5. EN 1992-4:2018. Eurocode 2 — Design of concrete structures — Part 4: Design of fastenings for use in concrete. Brussels: CEN; 2018.
6. Sharma A., Mahadik V., Hofmann J. Influence of Tension Loading Protocol on Crack Cycling Tests on Undercut Anchors. ACI Structural Journal. 2016;113(4):779–790. DOI: 10.14359/51688622.
7. Fröhlich T., Castridis S. Fatigue Behavior of Fastenings with Supplementary Reinforcement: Current Need for Research. Otto Graf Journal. 2022;21:55–66.
8. EOTA TR 061. Design method for fasteners in concrete under fatigue cyclic loading. March 2026 edition. Brussels: European Organisation for Technical Assessment; 2026. 20 p.
9. Cook R.A., Konz R.C. Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors. ACI Structural Journal. 2001;98(1):76–86. DOI: 10.14359/10149.
10. Zeman O., Stierschneider E., Schwenn M., Bergmeister K. In-situ installation safety of post-installed anchorages—Investigations on construction sites. Civil Engineering Design. 2025;7(4):202–210. DOI: 10.1002/cend.70003.
11. Joint Committee on Structural Safety. Probabilistic Model Code. Part 3: Resistance Models. Section 3.9: Model Uncertainties. JCSS electronic publication. 4 p.
12. GOST R 58942-2020. System of ensuring the accuracy of geometrical parameters in construction. Manufacturing and assembling tolerances. Approved by Rosstandart, Order No. 425-st of 29 July 2020. Clauses 4.1–4.2. (In Russian).
13. Hilti. HST3 Expansion Anchor. Technical Datasheet. Update Nov-23. 2023. 13 p. p. 3.
14. Deutsches Institut für Bautechnik. European Technical Assessment ETA-20/0603 of 13 November 2020. fischer Injection system FIS V Plus. Berlin: DIBt; 2020. 37 p. Annex B3.
15. Structural and technological solutions for anchoring facade systems to monolithic frames. Calculation, optimization and quality control: master's thesis. Finish2 revision. 2026. Chapter 1. Unpublished manuscript and accompanying Python calculation module for a single anchor. (In Russian).

Полевые исследования буровой сваи с грунтополимерным уширением под ее нижним концом

Мальцев Андрей Валентинович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры СМФМК, Самарский государственный технический университет, geologof@yandex.ru,

Карпов Андрей Анатольевич
заведующий лабораторией научно-производственного центра «ГЕОТЕХНИКА», Самарский государственный технический университет, andrkarpow@yandex.ru

Приводятся данные экспериментального изучения авторского технического решения по увеличению несущей способности по грунту буровой сваи за счет создания под ее нижним концом грунтополимерного уширения из нагнетаемой двухкомпонентной пенполиуритановой смолы. Представлены описание и результаты полевого (натурного) эксперимента по исследованию возрастания несущей способности буровой сваи по грунту за счет устройства под ее пятой контролируемого и прогнозируемого грунтополимерного уширения. Проведен анализ изменения несущей способности буровой сваи с уширением из грунтополимера за счет увеличения количества инъецируемой расширяющейся смолы. Приведены данные освидетельствования образования грунтополимерного уширения под пятой сваи путем ее экскавации, а также результаты по определению физико-механических характеристик грунтополимера. По результатам деформационных испытаний построены графики зависимости горизонтальных и вертикальных деформаций образцов от вертикального давления. По полученным в ходе исследований результатам, сделаны утвердительные выводы об эффективности предложенного технического решения по устройству грунтополимерного уширения под пятой буровой сваи.
Ключевые слова: буровая свая, несущая способность сваи, расширяющиеся полимерные смолы, инъецирование полимерных смол в грунт, грунтополимерное уширение под нижним концом сваи, физико-механических характеристик грунтополимера, полевой (натурный) эксперимент.

Введение

На сегодняшний день в практике фундаментостроения на территории Российской Федерации широкое распространение получило применение буровых свай. Выбор данной конструкции связан в первую очередь с её рациональностью и надежностью. Это подтверждено многолетней эксплуатацией зданий и сооружений, в том числе повышенной категории ответственности, устройство подземной части которых выполнено именно на этом варианте фундамента. Использование буровых свай активно практикуется также на стадии капитального ремонта и реконструкции зданий и сооружений для усиления фундаментов [1].

Постановка задачи

Существенным недостатком по обеспечению несущей способности буровых свай является неравномерное включение в работу сил трения по боковой поверхности сваи и лобового сопротивления под ее нижним концом. Как правило, на первых ступенях загружения основная часть нагрузки воспринимается боковой поверхностью сваи. Это связано в первую очередь со скоплением бурового шлама на забое скважины, образующегося в ходе ее устройства [2 – 4]. Таким образом, разработка решения, устраняющего указанный выше недостаток и повышающего несущую способность буровой сваи, является задачей актуальной и целесообразной. Авторами предлагается способ по закреплению бурового шлама под пятой сваи и увеличению ее несущей способности за счет создания под ее нижним концом контролируемого грунтополимерного уширения [5 – 8].

Создание грунтополимерного элемента под пятой сваи происходит за счет нагнетания двухкомпонентной пенполиуритановой смолы. В последние несколько лет применение расширяющихся смол для закрепления грунтов основания на территории Российской Федерации получило значительное распространение [9 – 12]. Способность смолы увеличиваться в объеме и пропитывать грунтовое околосвайное пространство дает инструмент, при помощи которого за счет варьирования количества закачиваемого состава можно закреплять скопившийся буровой шлам и влиять на величину сопротивления сваи по грунту вдавливающей статической нагрузке [7 – 8].

Методика полевого (натурного) эксперимента и его результаты

С целью оценки изменения несущей способности буровых свай за счет устройства грунтополимерного уширения под их пятой была выполнен серия полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой на опытной площадке, расположенной на второй надпойменной террасе р. Волга в одном из центральных районов г.Самары.

Инженерно-геологический разрез участка испытаний до глубины 8,0 м включал (сверху-вниз) один покровный слой (почва) и один инженерно-геологический элемент (рис. 1):

Слой 1 - почвенно-растительный слой, представлен повсеместно гумусированным песком, мощность слоя от дневной поверхности земли 0,4-0,6 м.

ИГЭ-1 - песок пылеватый средней плотности малой степени водонасыщения, с прослоями суглинка мягкопластичного толщиной 3,0-5,0 см. Встречен всеми скважинами с глубины 0,4-0,6 м до глубины 8,0 м, нижняя граница слоя не определена. Мощность вскрытого элемента составляла 7,4-7,6 м.

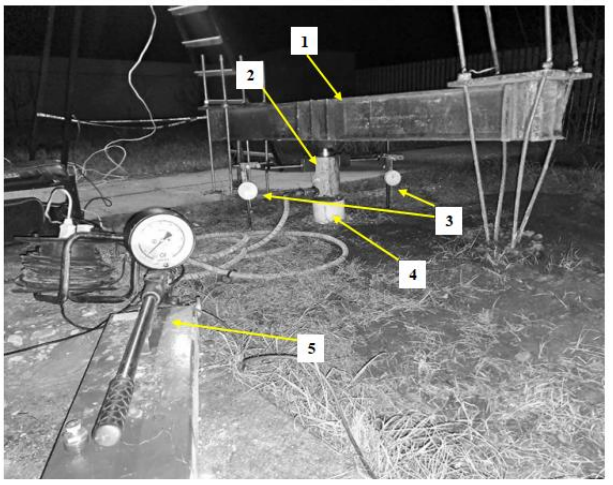
Физико-механические характеристики ИГЭ-1 представлены в таблице 1.

Всего на опытной площадке было изготовлено 5 буровых железобетонных свай, включая 4 опытных и 1 контрольную. Геометрические характеристики свай представлены в таблице 2.

При устройстве свай во время закачивания смолы под пяту и в течение 1 часа после инъецирования за высотным положением голов свай велось геодезическое наблюдение. Проведение мониторинга было вызвано необходимостью выявления возможного подъема сваи под действием давления, развиваемого в ходе расширения смолы. Несмотря на небольшую длину свай (1,7 м) и глубину расположения области уширения, вертикальные перемещения сваи в ходе мониторинга выявлены не были.

Испытание свай статической вдавливающей нагрузкой на опытной площадке проводилось в соответствии с методикой ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» [13]. Испытательное оборудование показано на фотографии (рис. 2). За частное значение предельного сопротивления сваи F_u вдавливающей нагрузке была принята нагрузка, под воздействием которой испытуемая свая получила осадку, равную 20 мм.

В ходе испытаний осадка каждой сваи была доведена до величины 40 мм. По результатам проведенных работ были построены графики зависимости осадки от нагрузки для каждой исследуемой сваи (рис. 3).



Полученные в ходе статических испытаний данные по предельным нагрузкам на испытуемые сваи и сравнительный анализ увеличения значения несущей способности свай с грунтополимерным уширением по сравнению с контрольной буровой сваей без уширения показаны в таблице 3.

Анализ результатов полевого эксперимента позволил выявить определенную зависимость между количеством инъецируемого в грунт вещества и несущей способностью сваи по грунту. Как видно из графика (рис. 4) увеличение количества закачиваемой смолы под пяту обеспечивает линейное возрастание несущей способности буровой сваи.

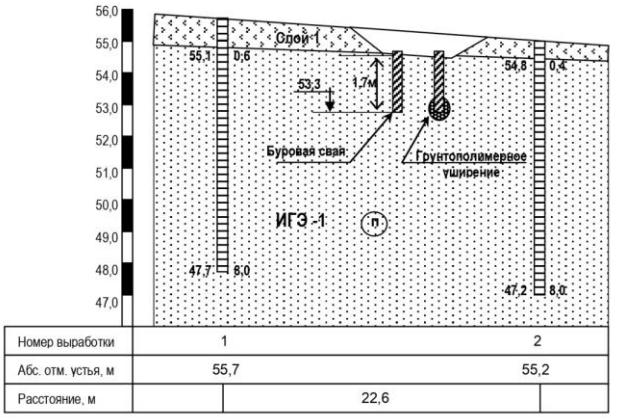


Рис.1. Геологический разрез опытной площадки

Таблица 1
Расчётные и нормативные значения физико-механических характеристик ИГЭ-1

Наименование показателей		Буквенное обозначение	Единицы измерения	ИГЭ-1
Влажность природная		W	%	12,9
Гранулометрический состав	2-1 мм	d	%	0,0
	1-0,5 мм			0,0
	0,5-0,25 мм			14,9
	0,25-0,1 мм			47,8
	менее 0,1 мм			37,3
Число пластичности		I_P	%	-
Показатель текучести при естественной влажности		I_L	д.е.	-
Плотность частиц грунта		ρ_s	г/см^3	2,67
Плотность грунта	норм.	ρ	г/см^3	1,72
	при α=0,95	$\rho_{0,95}$	г/см^3	1,71
	при α=0,85	$\rho_{0,85}$	г/см^3	1,72
Плотность сухого грунта		ρ_d	г/см^3	1,53
Коэффициент пористости		e_o	д.е.	0,750
Степень влажности		S_r	д.е.	0,44
Удельное сцепление	норм.	$C_н$	кПа	12
	при α=0,95	$C_{0,95}$	кПа	9
	при α=0,85	$C_{0,85}$	кПа	10
Угол внутреннего трения	норм.	$\varphi_н$	град.	27
	при α=0,95	$\varphi_{0,95}$	град.	25
	при α=0,85	$\varphi_{0,85}$	град.	26
Модуль деформации		$E_{ст}$	МПа	19,8

Таблица 2
Геометрические характеристики опытных свай

Номер сваи	Длина, м	Диаметр ствола, м	Количество закаченной смолы, кг	Расчетный диаметр уширения, м
1 (контрольная)	1,7	0,15	-	-
2 (опытная)	1,7	0,15	1	0,21
3 (опытная)	1,7	0,15	3	0,30
4 (опытная)	1,7	0,15	6	0,37
5 (опытная)	1,7	0,15	9	0,43

Рис. 2. Испытание опытной сваи статической вдавливающей нагрузкой: 1 – упорная балка, 2 – домкрат, 3 – индикаторы перемещения, 4 – опытная свая, 5 – маслостанция

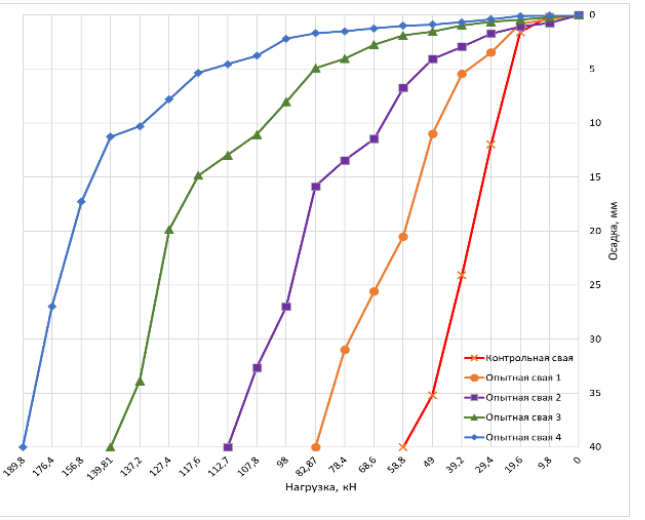


Рис. 3. Графики зависимости осадок свай от нагрузки

Таблица 3
Результаты испытания свай статической вдавливающей нагрузкой

Номер сваи	Предельная нагрузка на сваю, кН	Несущая способность сваи, кН	Прирост несущей способности, %
1	58,9	35,8	-
2	78,5	58,8	64,2
3	107,9	90,2	152,0
4	132,4	129,1	260,6
5	176,6	158,8	352,2

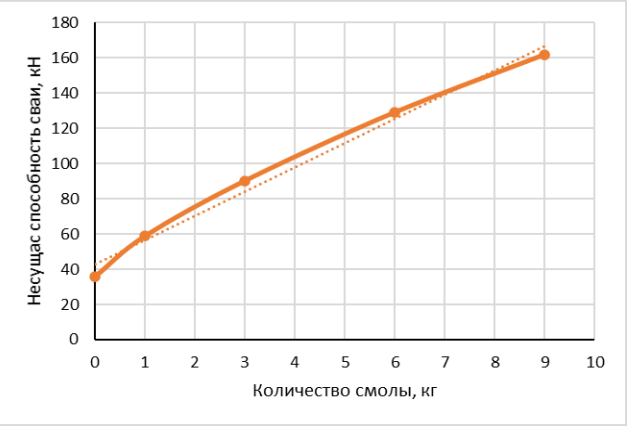


Рис. 4. График зависимости несущей способности буровой сваи от количества закачиваемой смолы

При этом стоит отметить, что изменение удельной несущей способности, т.е. увеличение сопротивления сваи, которое способен обеспечить каждый дополнительный 1 кг расширяющейся смолы, снижается по мере увеличения количества закачиваемого материала. Снижение эффективности объема закачиваемой смолы представлено на графике (рис. 5).

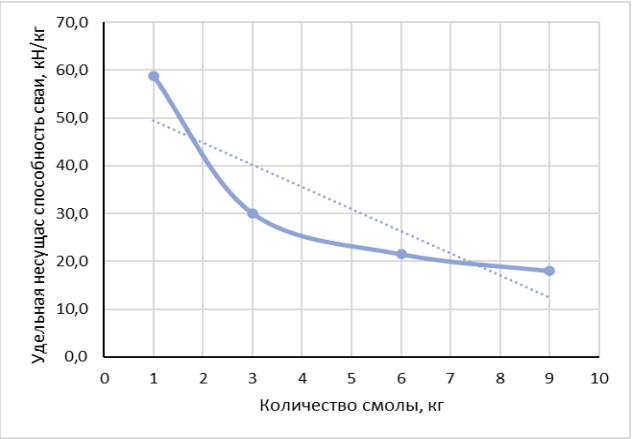


Рис. 5. График зависимости удельной несущей способности буровой сваи от количества закачиваемой смолы

Таким образом, по данным анализа графика зависимости удельной несущей способности буровой сваи от количества закачиваемой смолы (рис. 5) можно сделать вывод о том, что в общую работу со сваей вступает лишь часть закрепленного объема грунта.

Для подтверждения факта образования грунтополимерного уширения под пятой буровой сваи в полевых условиях была выполнена экскавация экспериментальной сваи № 5 (рис. 6). В уровне пяты сваи были отобраны пробы грунта естественного сложения и грунта, закреплённого расширяющейся смолой, для последующего определения их физико-механических характеристик.

В результате экскавации сваи был подтвержден факт образования грунтополимерного уширения под пятой (рис. 7). При визуальном осмотре уширения установлено, что оно имеет форму близкую к шарообразной. Длина окружности уширения составила 110 см, что соответствует диаметру 350 мм.



Рис. 6. Общий вид шурфа вдоль ствола сваи

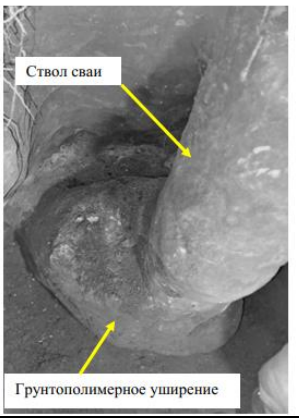


Рис. 7. Общий вид уширения под пятой сваи

Результаты замеров коррелируются с теоретическим расчетом, который представлен в статье авторов, посвященной лабораторным исследованиям эффективности использования пенополиуретановой смолы для упрочнения дисперсных грунтов. По результатам расчетов предполагаемый диаметр грунтополимерного уширения должен был составить 430 мм. Погрешность расчета составляет 23 %, что является вполне допустимым значением.

При освидетельствовании пяты сваи из околосвайного пространства были отобраны пробы грунта методом режущего кольца [14] для последующего определения физико-механических характеристик. Из тела грунтополимерного элемента также были отобраны контрольные образцы-керны.

Результаты определения физико-механических характеристик грунта из околосвайного пространства и грунтополимерного уширения представлены в таблице 4.

Таблица 4
Физико-механические характеристики грунтов

Показатели	Грунта из околосвайного пространства	Грунтополимер
Плотность, г/см^3	1,72	1,87
Прочность на сжатие, МПа	-	3,2
Удельное сцепление, кПа	12	-
Угол внутреннего трения, град	27	-
Модуль деформации, МПа	19,8	83,1

Исследование прочностных характеристик закрепленного расширяющейся смолой грунта выполнялось в лабораторных условиях на контрольных образцах-цилиндрах, имеющих диаметр 6,8 см, высоту 8,0…13,0 см, в соответствии с ГОСТ 12248.2-2020 [15] (рис. 8). Нагружение образцов при испытании на одноосное сжатие проводилось в режиме с заданной скоростью деформирования (кинематический режим). Опыт велся до разрушения образца, т.е. до достижения максимального значения вертикальной нагрузки. При отсутствии видимых признаков разрушения испытание прекращалось при вертикальной деформации образца равной 15 % от его первоначальной высоты. По результатам испытаний фиксировалась величина максимальной нагрузки при разрушении F_m. Результаты испытаний прочности на одноосное сжатие представлены на рисунке 9.

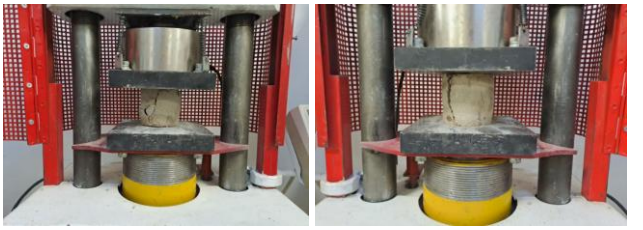


Рис. 8. Испытание на одноосное сжатие контрольных образцов грунта, закрепленного расширяющейся смолой

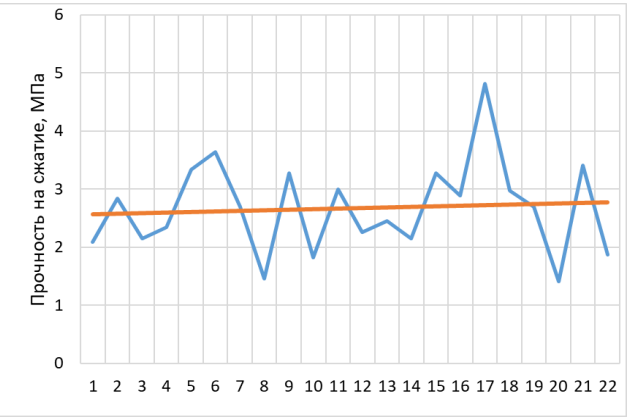


Рис. 9. Результаты определения прочности на одноосное сжатие

Полученные в ходе исследования величины прочности на одноосное сжатие грунтополимера находятся в диапазоне 1,5…4,8 МПа, среднее значение составляет 2,7 МПа. Прочность на сжатие с доверительной вероятностью 0,95 достигает 1,9 МПа.

Определение деформационных характеристик закрепленного грунта проводилось в соответствии с ГОСТ 28985-91 [16] на приборе ПСН-0.16.10М (рис. 10). По результатам испытаний были построены графики зависимости горизонтальных и вертикальных деформаций образцов от вертикального давления (рис. 11).



Рис. 10. Определение деформационных характеристик грунтополимера на приборе ПСН-0.16.10М

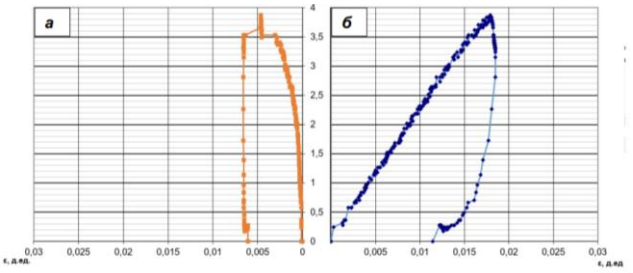


Рис. 11. Характерные графики зависимостей:
а) горизонтальных деформаций от вертикального давления;
б) вертикальных деформаций от вертикального давления

Величина модуля деформации E_δ определялась по нагрузочным ветвям зависимостей (***P-ε***). Значения модуля упругости E_y и коэффициента Пуассона ν находились по разгрузочным ветвям зависимостей (***P-ε***).

Результаты определения деформационных характеристик представлены в таблице 5.

Таблица 5
Результаты определения деформационных характеристик

Номер опыта	Модуль деформации, МПа	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона, д.ед
1	74,5	146,7	0,08
2	110,2	242,5	0,08
3	67,1	131,5	0,18
4	80,8	135,0	0,23
5	105,3	189,5	0,11
6	121,4	199,2	0,06
Среднее значение с доверительной вероятностью 0,85	81,5	150,7	0,09

Выводы

1. Применение расширяющейся смолы на основе пенополиуритана предоставляет возможность формировать под нижним концом буровой сваи закрепленную область грунта, тем самым устранить негативный фактор наличия бурового шлама. При этом образуемый грунтополимерный элемент будет иметь прогнозируемые форму и размеры.

2. Образуемое под нижним концом сваи грунтополимерное уширение обладает достаточными прочностными свойствами для того, чтобы включиться в общую работу с телом сваи и обеспечить прирост ее несущей способности по грунту.

3. Повышение количества закачиваемой смолы под нижний конец сваи способствует приросту несущей способности сваи, но при этом эффективность снижается по мере увеличения количества закачиваемого материала

4. Предложенное техническое решение позволяет уменьшить трудоемкость и материалоемкость работ при устройстве буровых свай за счет уменьшения их длины, но при этом без потери их несущей способности. С практической точки зрения – это актуально и целесообразно, особенно при реконструкции зданий и усилении фундаментов.

Литература

1. Мангушев Р.А. и др. Современные свайные технологии. – М.: Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов, 2010. – 235 с.
2. Еремин В.Я., Еремин А.В., Сарафанов Н.В., Буданов А.А. Некоторые проблемы качества буровых свай / Труды Международной научно-технической конференции (3-5 октября 2006 г.,Уфа) // Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях. Том 1. – Уфа, 2006. – С.85-96.
3. Дзагов А.М. Технологические аспекты устройства буронабивной сваи и их влияние на несущую способность сваи / А.М. Дзагов // Геотехника. – 2017. – № 2. – С. 24-41.
4. Дзагов А.М. О влиянии качества зачистки уширения скважины на несущую способность буронабивной сваи / А.М. Дзагов, В.А. Китайкин, Р.И. Чернов // Основания, фундаменты и механика грунтов.– 2016. – № 4. – С. 31-36.
5. Мальцев А. В. Карпов А.А. Анализ и обоснованный выбор эффективного способа повышения несущей способности буровой сваи / А.В. Мальцев, А.А. Карпов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 82-ой Всероссийской научно-технической конференции, Самара, 14–18 апреля 2025 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2025. – С. 174-186. – EDN KFCWRB.
6. Мальцев А.В. Карпов А.А. Результаты исследований по устройству уширения нижнего конца буровой сваи из грунтополимера / А.В. Мальцев, А.А. Карпов // Теория и практика фундаментостроения: Сборник тезисов докладов XV Международного симпозиума по реологии грунтов, посвященного 95-летию КГАСУ и 60-летию кафедры "Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерная геология", Казань, 04–06 июня 2025 года. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 90. – EDN TOJVUJ.
7. Мальцев А.В. Карпов А.А. Об устройстве грунтополимерного уширения пяты буровой сваи / А.В. Мальцев, А.А. Карпов // Градостроительство и архитектура. – 2025. – Т. 15, № 2(59). – С. 4-11. – DOI 10.17673/Vestnik.2025.02.01. – EDN XCWPAU.
8. Патент № 2856670 Российская Федерация, МПК E02D 5/46 (2006.01). Способ изготовления буровой сваи с грунтополимерным уширением: № 2025113038: заявл. 17.05.2025: опубл. 24.02.2026 / А. А. Карпов ; заявитель ООО "Роспатент". Бюл. № 6. — 5 с. — Текст: непосредственный.
9. Будовой А. А. Стабилизация грунтовых оснований и подъем фундаментных конструкций методом химического домкрата с помощью расширяющейся полиуретановой смолы / А. А. Будовой // Технологии бетонов. – 2025. – № 4(201). – С. 53-56. – EDN CKAYAD.
10. Soil stabilization and foundation restoration using an expandable polyurethane resin / M. M. Sabri, K. G. Shashkin, E. Zakharin, A. V. Ulybin // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No. 6(82). – P. 68-80. – DOI 10.18720/MCE.82.7. – EDN YZNUUX.
11. Нуждин М.Л. Усиление насыпных грунтов инъецированием расширяющейся геополимерной смолы / М.Л. Нуждин, Л.В. Нуждин // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий: Материалы III Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 29–31 мая 2024 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. – С. 618-629. – EDN TIMVSQ.
12. Корешков А.А. Стабилизация грунтовых оснований и подъем фундаментных конструкций методом химического домкрата с помощью расширяющейся полиуретановой смолы / А.А. Корешков // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях: материалы Общероссийской научно-практической конференции, Москва, 14 марта 2025 года. – Москва: Геомаркетинг, 2025. – С. 55-62. – EDN RROBIS.
13. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями // Дата введения 2021-01-01 / Разработан НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, АО «НИЦ «Строительство». – Москва: Стандартинформ, 2020 - 46 с. - Текст: непосредственный.
14. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик // Дата введения 2016-04-01 / Разработан ОАО «ПНИИИС». – Москва: Стандартинформ, 2019 - 27 с. - Текст: непосредственный.
15. ГОСТ 12248.2-2020. Грунты. Определение характеристик прочности методом одноосного сжатия // Дата введения 2021-06-01 / Разработан НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, АО «НИЦ «Строительство». – Москва: Стандартинформ, 2020 - 8 с. - Текст: непосредственный.
16. ГОСТ 28985-91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии // Введён в действие постановлением Гос. комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 24 апреля 1991 года №563 / Дата введения 1992-07-01. – Москва: ИПК издательство Стандартов, 2004 - 11 с. - Текст: непосредственный.

Field studies of a bored pile with a soil-polymer widening under its lower end

Maltsev A.V., Karpov A.A.
Samara State Technical University

JEL classification: L61, L74, R53

This paper presents data from an experimental study of a proprietary technical solution designed to increase the soil-bearing capacity of a bored pile by creating a soil-polymer bulb beneath its base using injected two-component expanding polyurethane resin. It describes and presents the results of a field experiment investigating the increase in soil-bearing capacity achieved by forming a controlled and predictable soil-polymer bulb under the pile toe. An analysis is conducted on how the bearing capacity of the bored pile changes with the soil-polymer bulb as the volume of injected expanding resin is increased. Data are provided from the verification of the soil-polymer bulb's formation—confirmed via excavation—along with results regarding the physical and mechanical properties of the soil-polymer material. Based on deformation test results, graphs illustrating the relationship between horizontal and vertical sample deformations and vertical pressure have been plotted. Based on the results obtained during the research, affirmative conclusions were made about the effectiveness of the proposed technical solution for installing a soil-polymer widening under the heel of a bored pile.

Keywords: bored pile, pile bearing capacity, expanding polymer resins, injection of polymer resins into soil, soil-polymer expansion under the lower end of the pile, physical and mechanical properties of soil-polymer, field (natural) experiment

References

1. Mangushev R.A. et al. Modern Pile Technologies. – Moscow: Publishing House of the Association of Civil Engineering Universities, 2010. – 235 p.
2. Eremin V.Ya., Eremin A.V., Sarafanov N.V., Budanov A.A. Some issues regarding the quality of bored piles / Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (October 3–5, 2006, Ufa) // Problems of Soil Mechanics and Foundation Engineering in Complex Soil Conditions. Volume 1. – Ufa, 2006. – p. 85–96.
3. Dzagov A.M. Technological aspects of bored pile construction and their influence on pile bearing capacity / A.M. Dzagov // Geotekhnika. – 2017. – No. 2. – p. 24–41.
4. Dzagov A.M. On the influence of the quality of borehole base enlargement cleaning on the bearing capacity of a bored pile / A.M. Dzagov, V.A. Kitaikin, R.I. Chernov // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov (Soil Mechanics and Foundation Engineering). – 2016. – No. 4. – p. 31–36.

5. Maltsev A.V., Karpov A.A. Analysis and justified selection of an effective method for increasing the bearing capacity of a bored pile / A.V. Maltsev, A.A. Karpov // Traditions and Innovations in Construction and Architecture. Construction and Construction Technologies: Collection of Papers of the 82nd All-Russian Scientific and Technical Conference, Samara, April 14–18, 2025. – Samara: Samara State Technical University, 2025. – p. 174–186. – EDN KFCWRB.
6. Maltsev A.V., Karpov A.A. Research results on the construction of a soil-polymer bulb at the base of a bored pile / A.V. Maltsev, A.A. Karpov // Theory and Practice of Foundation Engineering: Collection of abstracts from the XV International Symposium on Soil Rheology, dedicated to the 95th anniversary of KGASU and the 60th anniversary of the Department of Soil Mechanics, Foundations, Structural Dynamics, and Engineering Geology, Kazan, June 4–6, 2025. – Kazan: Kazan State University of Architecture and Engineering, 2025. – p. 90. – EDN TOJVUJ.
7. Maltsev A.V., Karpov A.A. On the construction of a soil-polymer bulb at the base of a bored pile / A.V. Maltsev, A.A. Karpov // Urban Planning and Architecture. – 2025. – Vol. 15, No. 2(59). – p. 4–11. – DOI 10.17673/Vestnik.2025.02.01. – EDN XCWPAU.
8. Patent No. 2856670 Russian Federation, IPC E02D 5/46 (2006.01). Method for manufacturing a bored pile with a soil-polymer bulb: No. 2025113038: filed May 17, 2025: published Feb. 24, 2026 / A. A. Karpov; applicant: Rospatent LLC. Bulletin No. 6. — 5 p. — Text: direct.
9. Budovoy A. A. Stabilization of soil foundations and lifting of foundation structures using the chemical jacking method with expanding polyurethane resin / A. A. Budovoy // Concrete Technologies. – 2025. – No. 4(201). – p. 53-56. – EDN CKAYAD.
10. Soil stabilization and foundation restoration using an expandable polyurethane resin / M. M. Sabri, K. G. Shashkin, E. Zakharin, A. V. Ulybin // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No. 6(82). – p. 68-80. – DOI 10.18720/MCE.82.7. – EDN YZNUUX.
11. Nuzhdin M. L. Reinforcement of fill soils by injecting expanding geopolymer resin / M. L. Nuzhdin, L. V. Nuzhdin // Deep Foundations and Geotechnical Challenges of Territories: Proceedings of the III All-Russian Conference with International Participation, Perm, May 29–31, 2024. – Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2024. – p. 618-629. – EDN TIMVSQ.
12. Koreshkov A. A. Stabilization of soil foundations and lifting of foundation structures using the chemical jacking method with expanding polyurethane resin / A. A. Koreshkov // Study of Hazardous Natural Processes and Geotechnical Monitoring during Engineering Surveys: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, March 14, 2025. – Moscow: Geomarketing, 2025. – p. 55-62. – EDN RROBIS.
13. GOST 5686-2020. Soils. Field pile testing methods // Date of introduction: 2021-01-01 / Developed by N.M. Gersevanov NIIOSP, JSC "SIC 'Construction'". – Moscow: Standartinform, 2020 – 46 p. – Text: direct.
14. GOST 5180-2015. Soils. Laboratory methods for determining physical characteristics // Date of introduction: 2016-04-01 / Developed by JSC "PNII-IS". – Moscow: Standartinform, 2019 – 27 p. – Text: direct.
15. GOST 12248.2-2020. Soils. Determination of strength characteristics by the uniaxial compression method // Date of introduction: 2021-06-01 / Developed by N.M. Gersevanov NIIOSP, JSC "SIC 'Construction'". – Moscow: Standartinform, 2020 – 8 p. – Text: direct.
16. GOST 28985-91. Rocks. Method for determining deformation characteristics under uniaxial compression // Put into effect by the Resolution of the USSR State Committee for Product Quality Control and Standards No. 563 dated April 24, 1991 / Date of introduction: 1992-07-01. – Moscow: IPK Standards Publishing House, 2004 – 11 p. – Text: direct.

Совершенствование конструктивных решений наружных ограждающих конструкций для повышения акустического комфорта многоквартирных жилых зданий в условиях плотной городской застройки

Маркич Анна Александровна
магистрант, направление подготовки 08.04.01 «Строительство», Московский гуманитарно-технологический университет – Московский архитектурно-строительный институт, a.goroshko1980@gmail.com,

Громыко Александр Николаевич
кандидат технических наук, доцент, Московский гуманитарно-технологический университет – Московский архитектурно-строительный институт, Grelix7@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы повышения акустического комфорта многоквартирных жилых зданий, расположенных в условиях интенсивного транспортного шумового воздействия. Цель исследования состоит в оценке эффективности комплексной модернизации наружных ограждающих конструкций на примере монолитно-каркасного жилого здания в плотной городской застройке. Методология включает расчёт приведённой звукоизоляции составного фасада с учётом площадей глухих и светопрозрачных участков, сравнение четырёх конструктивных вариантов и анализ вклада отдельных элементов акустической оболочки. Рассмотрены штукатурная фасадная система, навесной вентилируемый фасад, стандартные и акустические оконные блоки, трёхслойный монтажный шов, шумозащищённая приточная вентиляция и локальная звукопоглощающая обработка фасадного выступа. Установлено, что замена только глухой части фасада даёт ограниченный прирост 0,2 дБ вследствие доминирующего влияния оконных конструкций. Применение акустических окон повышает приведённую звукоизоляцию до 42,4-42,7 дБ, а комплексный вариант – до 43,4-43,8 дБ. Полученный прирост 7,5-7,6 дБ соответствует снижению проникающей звуковой энергии более чем на 80%. Результаты могут использоваться при проектировании новых и реконструкции существующих многоквартирных жилых зданий, расположенных вблизи городских магистралей.

Ключевые слова: строительная акустика, звукоизоляция, транспортный шум, наружные ограждающие конструкции, навесной вентилируемый фасад, акустический стеклопакет, монтажный шов, акустический комфорт.

Введение

В последние десятилетия проблема шумового загрязнения городской среды приобрела особую актуальность вследствие роста автомобилизации, увеличения интенсивности транспортных потоков и уплотнения городской застройки. Транспортный шум относится к основным факторам, определяющим качество внутренней среды жилых зданий. Длительное воздействие повышенных уровней шума связано со снижением качества сна, ухудшением концентрации внимания, хроническим стрессом и дополнительными рисками для здоровья населения [1, с. 15-19].

Одним из наиболее эффективных способов ограничения внешнего шумового воздействия является повышение звукоизоляционной способности наружных ограждающих конструкций. Однако достижение требуемых показателей невозможно обеспечить исключительно увеличением толщины или массы стены. Результирующая звукоизоляция фасада определяется совместной работой глухой части, светопрозрачных конструкций, монтажных швов, вентиляционных устройств и узлов сопряжения [2, с. 104-112; 3, с. 237-245].

Особую сложность представляет проектирование зданий вдоль магистральных улиц, где фасады одновременно воспринимают прямые, отражённые и дифрагированные звуковые волны. При существенной площади остекления именно оконные блоки и их монтажные примыкания нередко становятся определяющими путями передачи звука. Поэтому модернизация только массивной части стены может не приводить к заметному изменению акустических характеристик помещения [4, с. 373-385].

В отечественной практике защита зданий от шума регламентируется СП 51.13330.2011, а методы измерения звукоизоляции ГОСТ 27296-2012 [5, с. 1-46; 6, с. 1-34]. Международная расчётная практика основана, в частности, на ISO 717-1 и ISO 12354-3, предусматривающих оценку звукоизоляции строительных элементов и наружных ограждений от внешнего шума [7, с. 1-28; 8, с. 1-44]. Современные исследования также рассматривают шумозащи-щённые окна, фасадные системы и вентилируемые акустические устройства как взаимосвязанные элементы оболочки здания [9, с. 1–24; 10, с. 1–13].

Целью настоящей работы является оценка эффективности комплексной модернизации наружных ограждающих конструкций многоквартирного жилого здания для повышения акустического комфорта помещений в условиях интенсивного транспортного шумового воздействия. Для достижения цели сопоставлены четыре конструктивных варианта и определён вклад глухой части фасада и оконных блоков в результирующую звукоизоляцию.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является многоквартирный жилой дом монолитно-каркасной конструктивной схемы, расположенный в плотной городской застройке города Донецка. Для расчётного анализа выбрана угловая двухкомнатная квартира № 42 на седьмом этаже, наружные стены которой ориентированы в сторону улицы Университетской и проспекта Панфилова. Расстояние до улицы Университетской составляет около 119 м; улица имеет четыре полосы движения. Между магистралью и жилым домом находится четырёхэтажное кирпичное здание колледжа, частично экранирующее нижние этажи. Квартира расположена выше основной зоны экранирования, а со стороны проспекта Панфилова формируется дополнительный боковой канал поступления транспортного шума.

Наружные стены здания выполнены из автоклавного газобетона плотностью D600 толщиной 400 мм с наружным теплоизоляционным слоем из минераловатных плит толщиной 100 мм. В базовом варианте предусмотрена штукатурная фасадная система. Светопрозрачные конструкции представлены стандартными двухкамерными оконными блоками. Площадь наружного ограждения со стороны улицы Университетской составляет 23,18 м², в том числе площадь остекления 8,95 м²; со стороны проспекта Панфилова, соответственно, 21,00 и 7,12 м². Таким образом, доля светопрозрачных участков достигает 33,9-38,6 % площади исследуемых фасадов.

Для сравнительной оценки сформированы четыре варианта: 1) базовый штукатурный фасад и стандартные окна; 2) навесной вентилируемый фасад при сохранении стандартных окон; 3) базовая глухая часть фасада и акустические оконные блоки с усовершенствованным монтажным швом; 4) комплексный навесной вентилируемый фасад, акустические окна, трёхслойный монтажный шов, шумозащищённая приточная вентиляция и локальная звукопоглощающая обработка фасадного выступа.

Оценка составного наружного ограждения выполнена энергетическим суммированием коэффициентов звукопередачи отдельных участков. Такой подход позволяет учитывать различие площадей и звукоизоляционных характеристик глухой части стены и оконного заполнения и соответствует общему принципу расчёта фасадов по ISO 12354-3 [8, с. 17-28]. В расчётной модели приняты следующие исходные индексы: глухая часть штукатурного

фасада 45,1 дБ; глухая часть с навесной фасадной системой 49,4 дБ; стандартный оконный блок 32 дБ; акустический оконный блок с асимметричным стеклопакетом 40 дБ. Значения используются для сравнительного расчётного сценария и подлежат уточнению по протоколам испытаний конкретных изделий на стадии рабочего проектирования.

В расчётной части использованы следующие зависимости. Снижение уровня шума от протяжённого линейного источника с расстоянием в принятой укрупнённой модели определялось по формуле

$\Delta L_r = 10 \lg (r / r_0)$ (1)

Расчётный уровень у фасада с учётом расстояния, экранирования, отражений и влияния межзданного коридора определялся выражением

$L_{Аф,\,расч} = L_{А0} - \Delta L_r - \Delta L_{экр} + \Delta L_{отр} + \Delta L_{кор}$ (2)

Здесь r и r0 - расчётное и исходное расстояния; ΔLэкр и ΔLотр - поправки на экранирование и отражения; ΔLкор - принятая автором поправка на дополнительное воздействие со стороны пр. Панфилова. Формулы (1)-(2) применены в рамках общей модели затухания звука на местности [13, с. 1-40; 14, с. 1-23]; ΔLкор = 3 дБ является расчётным допущением исследования, а не нормативной константой.

Требуемая звукоизоляция и её итоговое значение с принятым эксплуатационным запасом определялись по формулам

$R_{тр} = L_{Аф,\,расч} - L_{Адоп}$; $R_{тр,\,итог} = R_{тр} + \Delta R_{зап}$ (3, 4)

Допустимый уровень $L_{Адоп}$ = 30 дБА принят по СП 51.13330.2011, а запас $\Delta R_{зап}$ = 3 дБ введён как проектное допущение для учёта монтажных неплотностей, косвенной передачи и эксплуатационных отклонений [5, с. 1-46].

Поверхностная плотность и ориентировочный индекс изоляции воздушного шума глухой массивной части определялись по зависимостям

$m = \rho \cdot \delta$; $R_w = 14{,}5 \lg m + 10$ (5, 6)

Формула (6) использована как ориентировочная инженерная зависимость закона массы для сравнительной оценки вариантов [2; 3; 15] и не заменяет лабораторные частотные характеристики конкретной фасадной системы.

Приведённая звукоизоляция составного фасада рассчитывалась энергетическим суммированием коэффициентов звукопередачи стены и окон:

$R_{пр} = -10 \lg [(S_{ст} \cdot 10^{-0{,}1 R_{ст}} + S_{ок} \cdot 10^{-0{,}1 R_{ок}}) / S_{общ}]$ (7)

где $S_{ст}$, $S_{ок}$ и $S_{общ}$ - площади стены, окон и всего ограждения; $R_{ст}$ и $R_{ок}$ - соответствующие индексы звукоизоляции. Формула (7) основана на расчётном принципе ISO 12354-3:2017 [8, с. 1-29].

Относительное снижение передаваемой звуковой энергии определялось по зависимости

$\eta = (1 - 10^{-\Delta R/10}) \cdot 100\ \%$ (8)

Формула (8) следует из логарифмического определения децибела [2]; при ΔR = 7,5-7,6 дБ снижение передаваемой энергии составляет около 82 %.

Требуемый показатель приведённой звукоизоляции наружного ограждения в исследовании принят равным 38 дБ. Сравнение вариантов выполнено по четырём критериям: результирующий показатель, прирост относительно базового решения, соответствие принятому требованию и технологическая реализуемость.

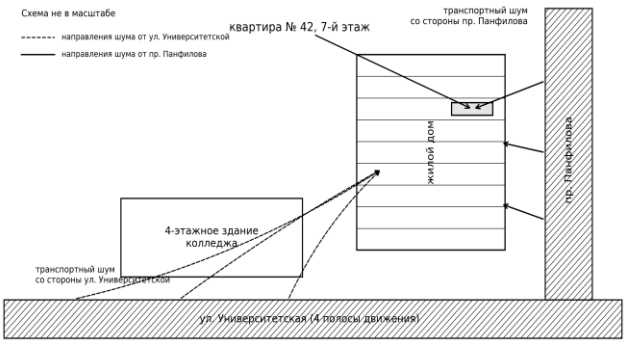


Рис. 1. Расчётная схема расположения исследуемой квартиры и основных источников транспортного шума

Таблица 1
Исходные характеристики исследуемых наружных ограждений

Ориентация фасада	Общая площадь, м²	Глухая часть, м²	Остекление, м²
Улица Университетская	23,18	14,23	8,95
Проспект Панфилова	21,00	13,88	7,12

Примечание. Геометрические характеристики приняты по материалам проектной документации исследуемого объекта.

Результаты и обсуждение

Расчёт базового варианта показал, что приведённая звукоизоляция наружного ограждения составляет 35,8 дБ для фасада, ориентированного на улицу Университетскую, и 36,3 дБ для фасада со стороны проспекта Панфилова. Оба значения ниже принятого требуемого уровня 38 дБ. При этом расчётный индекс звукоизоляции самой наружной стены превышает 45 дБ, что указывает на наличие более слабого элемента: оконного заполнения.

На первом этапе модернизации рассмотрена замена штукатурной фасадной системы на навесной вентилируемый фасад. Увеличение расчётного индекса глухой части стены с 45,1 до 49,4 дБ повысило результирующий показатель лишь до 36,0 и 36,5 дБ. Прирост составил 0,2 дБ для каждого фасада. Следовательно, при сохранении окон с индексом 32 дБ дальнейшее совершенствование массивной части наружного ограждения практически не меняет итоговую характеристику.

Полученный результат объясняется энергетическим характером суммирования путей звукопередачи. Площадь окон составляет около одной трети площади фасада, но их звукоизоляция ниже характеристики глухой части более чем на 13 дБ. Поэтому доля звуковой энергии, передаваемой через остекление, становится доминирующей. Расчётная зависимость на рис. 2 показывает, что при стандартном оконном блоке рост звукоизоляции глухой части после достижения примерно 45 дБ почти не влияет на суммарный показатель. При акустическом оконном блоке потенциал улучшения глухой части используется заметно полнее.

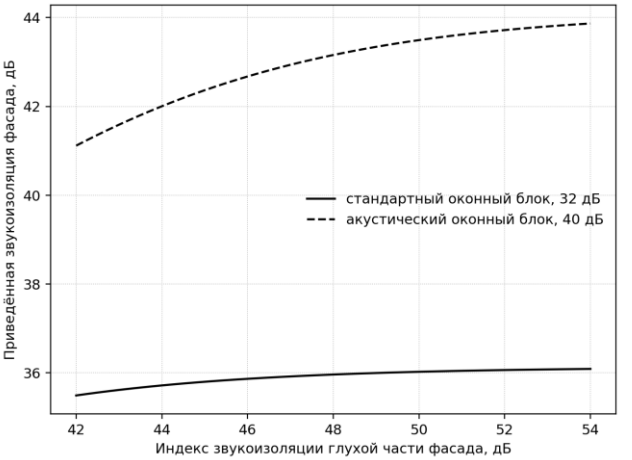


Рис. 2. Влияние характеристик глухой части фасада и оконного блока на приведённую звукоизоляцию наружного ограждения

Следующим этапом стало применение акустического оконного блока с асимметричным стеклопакетом, стёклами различной толщины и многослойным триплексом. Одновременно предусмотрен трёхслойный монтажный шов, включающий внутренний пароизоляционный слой, центральный тепло- и звукоизоляционный слой и наружную паропроницаемую защиту. Такое решение направлено не только на повышение характеристик самого оконного блока, но и на предотвращение снижения лабораторной звукоизоляции из-за негерметичных примыканий [11, с. 12-29].

При использовании акустических окон результирующая звукоизоляция достигла 42,4 дБ со стороны улицы Университетской и 42,7 дБ со стороны проспекта Панфилова. Прирост по сравнению с базовым вариантом составил 6,6 и 6,4 дБ, соответственно. Уже этот вариант обеспечивает запас относительно принятого требования 4,4-4,7 дБ.

Комплексный вариант дополнительно включает навесной вентилируемый фасад, шумозащищённую приточную вентиляцию и локальную звукопоглощающую обработку железобетонного выступа над оконными проёмами. Приточное устройство позволяет сохранять закрытое положение створок без нарушения воздухообмена. Звукопоглощающая облицовка выступа предназначена для уменьшения отражённой составляющей внешнего шума. Максимальные расчётные показатели составили 43,4 и 43,8 дБ, а прирост относительно базового решения 7,6 и 7,5 дБ.

Повышение индекса звукоизоляции на 7,5-7,6 дБ соответствует уменьшению передаваемой звуковой энергии примерно на 82%. Это подтверждает, что комплексная модернизация меняет не только формальный расчётный показатель, но и энергетический баланс проникновения внешнего шума.

Таблица 2
Сравнение вариантов модернизации наружных ограждений

Вариант	R, ул. Университетская, дБ	R, пр. Панфилова, дБ	Прирост, дБ	Соответствие 38 дБ	Приоритет
Базовый	35,8	36,3	–	нет	исходный
НВФ + стандартные окна	36,0	36,5	0,2	нет	низкий
Штукатурный фасад + акустические окна	42,4	42,7	6,4-6,6	да	высокий
Комплексный вариант	43,4	43,8	7,5-7,6	да	максимальный

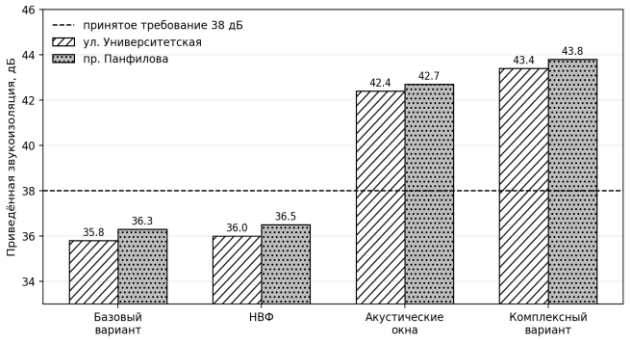


Рис. 3. Сравнение приведённой звукоизоляции наружных ограждений при различных вариантах модернизации

С инженерной точки зрения наиболее рациональна последовательность, при которой сначала устраняется наиболее слабое звено: светопрозрачные конструкции и монтажные примыкания. Навесной фасад целесообразно рассматривать как элемент комплексной системы, обеспечивающий дополнительный запас, повышение теплозащиты и долговечности, но не как самостоятельную меру, способную компенсировать низкую звукоизоляцию окон. Шумозащищённое проветривание необходимо для сохранения достигнутого результата в реальной эксплуатации, поскольку открывание створок фактически исключает защитный эффект фасада.

Полученные значения следует рассматривать как результат сравнительного расчётного исследования. Для окончательного проектного решения требуется применение частотных характеристик R(f), учёт спектральной поправки транспортного шума Ctr, характеристик вентиляционных устройств и монтажных узлов, а также подтверждение исходных параметров сертификатами или лабораторными протоколами конкретных систем. Натурная проверка после реализации должна выполняться по действующим методикам измерения звукоизоляции [6, с. 5-27; 12, с. 1-31].

Заключение

1. Результирующая звукоизоляция наружного ограждения определяется совместной работой всех его элементов; при доле остекления 33,9-38,6 % стандартные оконные блоки становятся основным путём проникновения транспортного шума.

2. Повышение расчётного индекса глухой части фасада с 45,1 до 49,4 дБ при сохранении стандартных окон увеличивает общий показатель всего на 0,2 дБ и не обеспечивает достижение принятого требования 38 дБ.

3. Применение акустических оконных блоков с асимметричным стеклопакетом и трёхслойным монтажным швом повышает приведённую звукоизоляцию до 42,4-42,7 дБ и является наиболее результативным первоочередным мероприятием.

4. Комплексный вариант, объединяющий акустические окна, навесной вентилируемый фасад, герметизированные монтажные примыкания, шумозащищённую вентиляцию и локальную звукопоглощающую обработку фасадного выступа, обеспечивает 43,4-43,8 дБ.

5. Прирост 7,5-7,6 дБ относительно базового варианта соответствует снижению проникающей звуковой энергии более чем на 80% и формирует запас 5,4-5,8 дБ относительно принятого требуемого значения.

6. Практическая значимость результатов заключается в возможности применения предложенной последовательности мероприятий при проектировании новых и реконструкции существующих многоквартирных жилых зданий в условиях интенсивного транспортного воздействия.

Научная новизна исследования заключается в применении комплексного подхода к оценке наружного ограждения как единой акустической системы, учитывающей совместное влияние фасадной системы, оконных блоков, монтажных швов, вентиляционных устройств и архитектурных элементов. Подход позволяет выявить слабое звено и обосновать рациональную последовательность реализации шумозащитных мероприятий.

Литература

1. Всемирная организация здравоохранения. Руководство по экологическому шуму для Европейского региона. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2018. 160 с.
2. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. Москва: Логос, 2008. 424 с.
3. Осипов Г. Л. Защита зданий от шума. Москва: Стройиздат, 1972. 216 с.
4. Rasmussen B. Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe // Applied Acoustics. 2010. Vol. 71. P. 373-385.
5. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Москва: Минрегион России, 2011. 46 с.
6. ГОСТ 27296-2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций. Москва: Стандартинформ, 2014. 34 с.
7. ISO 717-1:2020. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva: ISO, 2020. 28 p.
8. ISO 12354-3:2017. Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound. Geneva: ISO, 2017. 44 p.
9. Lee H. P., Kumar S., Ng C. F. et al. A Systematic Review of Emerging Ventilated Acoustic Metamaterials for Noise Control // Sustainability. 2023. Vol. 15, no. 5. Article 4113. P. 1-24.
10. Tan J. K. A., Lau S.-K. Experimental study of active noise control for a full-scale plenum window in a domestic apartment // Applied Acoustics. 2024. Vol. 224. Article 110120. P. 1-13.
11. Ift Rosenheim. Guideline FE-07/1. Sound Insulation of Windows and Installation Joints. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik, 2022. 56 p.
12. ISO 16283-1:2014. Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva: ISO, 2014. 31 p.

Improving the design of external building envelope systems to enhance acoustic comfort in multi-apartment residential buildings in dense urban areas

Markich A.A., Gromyko A.N.
Moscow University for the Humanities and Technology – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article addresses ways to improve acoustic comfort in multi-apartment residential buildings exposed to high levels of traffic noise. The aim of the study is to assess the effectiveness of a comprehensive modernization of external building envelope systems using a monolithic-frame residential building in a dense urban environment as a case study. The methodology includes calculating the overall sound insulation of a composite facade, taking into account the areas of its opaque and glazed sections, comparing four design options, and analyzing the contribution of individual elements of the acoustic envelope. The study considers a rendered facade system, a ventilated facade system, standard and acoustic window units, a three-layer installation joint, noise-protected supply ventilation, and local sound-absorbing treatment of a facade projection. It was found that replacing only the opaque part of the facade provides a limited improvement of 0.2 dB due to the dominant influence of the window systems. The use of acoustic windows increases the overall sound insulation to 42.4-42.7 dB, while the comprehensive solution increases it to 43.4-43.8 dB. The resulting improvement of 7.5-7.6 dB corresponds to a reduction in transmitted sound energy of more than 80%. The results can be used in the design of new multi-apartment residential buildings and the renovation of existing ones located near major urban roads.

Keywords: building acoustics, sound insulation, traffic noise, external building envelope systems, ventilated facade system, acoustic insulating glass unit, installation joint, acoustic comfort.

References

1. World Health Organization. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. 160 p.
2. Ivanov N. I. Engineering Acoustics: Theory and Practice of Noise Control. Moscow: Logos, 2008. 424 p. (In Russian).
3. Osipov G. L. Protection of Buildings from Noise. Moscow: Stroyizdat, 1972. 216 p. (In Russian).
4. Rasmussen B. Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe. Applied Acoustics, 2010, vol. 71, pp. 373-385.
5. SP 51.13330.2011. Protection against Noise. Updated Edition of SNiP 23-03-2003. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011. 46 p. (In Russian).
6. GOST 27296-2012. Buildings and Structures. Methods for Measuring Sound Insulation of Enclosing Structures. Moscow: Standartinform, 2014. 34 p. (In Russian).
7. ISO 717-1:2020. Acoustics – Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements – Part 1: Airborne Sound Insulation. Geneva: ISO, 2020. 28 p.
8. ISO 12354-3:2017. Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Elements – Part 3: Airborne Sound Insulation against Outdoor Sound. Geneva: ISO, 2017. 44 p.
9. Lee H. P., Kumar S., Ng C. F. et al. A Systematic Review of Emerging Ventilated Acoustic Metamaterials for Noise Control. Sustainability, 2023, vol. 15, no. 5, article 4113, pp. 1-24.
10. Tan J. K. A., Lau S.-K. Experimental Study of Active Noise Control for a Full-Scale Plenum Window in a Domestic Apartment. Applied Acoustics, 2024, vol. 224, article 110120, pp. 1-13.
11. Ift Rosenheim. Guideline FE-07/1. Sound Insulation of Windows and Installation Joints. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik, 2022. 56 p.
12. ISO 16283-1:2014. Acoustics – Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements – Part 1: Airborne Sound Insulation. Geneva: ISO, 2014. 31 p.

Обоснование выбора биопозитивных материалов для несущих и ограждающих конструкций в жилищном строительстве

Марунченко Артём Максимович
аспирант, Юго-Западный государственный университет

Поставлена задача обоснованного выбора биопозитивных материалов для несущих и ограждающих конструкций жилых зданий. Показано, что прямое ранжирование кандидатов по сумме взвешенных показателей приводит к ошибке, так как часть критериев носит отсекающий, а не ранжирующий характер. Предложена процедура, в которой кандидаты сначала отсеиваются по нормативной обеспеченности, требованиям пожарной безопасности и допустимому влажностному режиму, а затем ранжируются по прочностным, теплотехническим и технологическим показателям. Процедура применена к материалам для несущих и ограждающих конструкций. Установлено, что для несущего остова многоэтажного жилого здания отбор проходит только перекрёстно клеёная древесина, обеспеченная сводом правил и национальными стандартами, а для наружных ограждающих конструкций предпочтителен известково-конопляный композит. Прессованная солома и мицелиевые композиты отнесены к резерву.

Ключевые слова: выбор материалов, биопозитивные материалы, несущие конструкции, ограждающие конструкции, перекрёстно клеёная древесина, известково-конопляный композит, критерии выбора, жилые здания.

Введение

Переход к ресурсосберегающим конструктивным системам ставит перед проектировщиком задачу, которая в традиционном строительстве решалась по инерции. Номенклатура биопозитивных материалов широка и включает древесину разной степени переработки, композиты на древесном и однолетнем растительном заполнителе, прессованную солому и выращиваемые мицелиевые композиты. Материалы этой группы различаются между собой сильнее, чем железобетон отличается от кирпичной кладки, при этом различаются не только прочностью и теплопроводностью, но и стадией технологической готовности, и степенью нормативной обеспеченности. Прямой перенос привычных приёмов сравнения на такую разнородную выборку даёт результат, который не выдерживает проверки на стадии прохождения экспертизы.

Цель работы состоит в обосновании выбора биопозитивных материалов для несущих и ограждающих конструкций жилого здания и в построении процедуры такого выбора, учитывающей неоднородность критериев.

Структура критериев и порядок их применения

Систематический обзор работ по многокритериальному выбору строительных материалов показывает, что основным инструментом остаётся метод анализа иерархий, применяемый для формирования перечня критериев и назначения весов [1]. Также существует работа, посвящённая соединению оценки жизненного цикла с многокритериальным выбором, систематизировала 26 критериев для строительных элементов и сгруппировала их по эмиссиям, энергии, ресурсам и цикличности, при этом наиболее весомым по совокупности литературы, систем сертификации и нормативных требований признан потенциал глобального потепления [2]. Оба обзора исходят из того, что критерии соизмеримы и допускают свёртку в единый показатель.

Для биопозитивных материалов это допущение нарушается, так как часть требований к конструкции не смягчается высокими значениями по другим показателям, а просто исключает материал из рассмотрения. Материал, для которого в действующих документах отсутствуют расчётные характеристики, не становится приемлемым от того, что его теплопроводность вдвое ниже, чем у конкурента. Такие требования целесообразно называть отсекающими, в отличие от ранжирующих, по которым сравнение действительно осмысленно.

Исходя из этого критерии выбора выделены ряд групп, так, первая группа объединяет прочностные и деформационные показатели, вторая группа объединяет теплотехнические показатели, третья группа относится к влажностному режиму и биостойкости, четвёртая группа относится к поведению при пожаре, пятая группа относится к нормативной обеспеченности и технологической готовности. Отсекающими выступают пятая группа целиком, а также те требования третьей и четвёртой групп, которые заданы обязательными документами. Ранжирование ведётся по первым двум группам и по той части третьей и четвёртой групп, где нормы допускают вариацию. Порядок применения критериев при этом важнее их весов, поскольку отсев меняет состав выборки и перестраивает систему сравнения.

Материалы для несущих конструкций

Цельная древесина хвойных пород остаётся базовым конструкционным материалом группы. Для сосны, ели и лиственницы свод правил по деревянным конструкциям устанавливает расчётные сопротивления изгибу и сжатию вдоль волокон, при этом для первого сорта они приняты равными 21 МПа, 19,5 МПа, и 13 МПа соответственно [3]. Ограничивает применение не прочность, а сортамент. Сечения и длины цельных элементов заданы условиями лесопиления, из-за чего перекрываемые пролёты сужаются, а несущие стены многоэтажного здания оказываются практически исключены.

Ограничение по сортаменту снимает клеёная древесина. Изготовление несущих клеёных конструкций регламентирует стандарт, где заданы требования к материалам, склеиванию и контролю качества [4]. Предел по пролётам и сечениям задаёт технология предприятия, а не размеры бревна, при этом клеёный брус работает как линейный элемент каркаса и плоскость перекрытия сам по себе не образует.

Перекрёстно клеёная древесина решает и эту задачу. Изменение № 3 к своду правил ввело перекрёстно клеёную древесину в расчётную практику [3], а требования к плитам как к изделию установлены национальными стандартами. Первый стандарт распространяется на клеёные плиты из пиломатериалов с перекрёстным расположением слоёв [5], второй стандарт распространяется на плиты перекрытий и покрытий из перекрёстноклеёной древесины заводского изготовления для жилых и общественных зданий, в том числе для районов с сейсмичностью до 9 баллов по шкале MSK-64 [6]. Работоспособность таких плит в составе комбинированных несущих систем подтверждена расчётно-экспериментальными исследованиями [7], а сравнительная оценка жизненного цикла здания из перекрёстно клеёной древесины и его железобетонного аналога дала преимущество первого варианта в 11 из 18 категорий воздействия [8].

Арболит конструкционных классов формально относится к несущим материалам. Стандарт делит арболит на классы по прочности при сжатии от B0,5 до B3,5 и на марки по средней плотности от D300 до D1000 [9], то есть верхняя граница прочности составляет 3,5 МПа. Этого достаточно для стен малоэтажного здания, но на порядок меньше расчётных сопротивлений древесины, поэтому в многоэтажном здании арболит остаётся материалом заполнения. Костробетон и прессованная солома отсеиваются на первом шаге, так как прочность при сжатии известково-конопляного композита не превышает 1,50 МПа [10], а расчётные характеристики обоих материалов в действующих документах отсутствуют.

Отдельного рассмотрения требует пожарный критерий, обязательный для несущих конструкций. Свод правил по обеспечению огнестойкости с изменением, устанавливающим требования к зданиям с деревянными конструкциями, задаёт здесь отсекающие условия [11]. Существенно, что поведение перекрёстно клеёной древесины при пожаре предсказуемо количественно, поскольку скорость обугливания измерена и лежит в диапазоне от 0,36 до 0,79 мм/мин в зависимости от режима нагрева [12]. Это позволяет закладывать в расчёт сечения потерю рабочего слоя, чего для композитов на однолетнем сырье сделать нельзя из-за отсутствия сопоставимых данных. Результаты отбора материалов для несущих конструкций жилых зданий приведены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты отбора материалов для несущих конструкций жилых зданий

Материал	ρ_0, кг/м^3	Нормативное обеспечение	Результат отбора
Древесина цельная хвойная	500	СП 64.13330.2017	малоэтажное строительство
Древесина клеёная	500	ГОСТ 20850-2014	элементы каркаса
Древесина перекрёстно клеёная	500	СП 64.13330.2017, ГОСТ Р 56706-2015, ГОСТ Р 70875-2023	отбор пройден
Арболит конструкционный	300–1000	ГОСТ 19222-2019	малоэтажное строительство
Известково-конопляный композит	197–495	отсутствует	отсеян
Солома прессованная в блоках	80–150	отсутствует	отсеян

Составлено по материалам [3; 4; 5; 6; 9; 10]

Материалы для ограждающих конструкций

Для наружных ограждающих конструкций отсекающие требования смещаются в область теплотехники и влажностного режима. Базовое требуемое сопротивление теплопередаче стен жилых зданий изменяется от 1,75 до 5,6 (м^2·°C)/Вт при росте градусо-суток отопительного периода с 1000 до 12000 [13], и его выполнение достигается при любом из рассматриваемых материалов, вопрос лишь в толщине слоя. Ранжирующим критерием здесь становится теплопроводность, отсекающими критериями становятся влажностный режим и поведение при пожаре.

Арболит обладает наиболее полной нормативной обеспеченностью среди композитов группы, а расчётная теплопроводность арболита при плотности 400 кг/м^3 составляет 0,16 Вт/(м·°C) [13]. По теплотехническому критерию арболит уступает остальным кандидатам, что при прочих равных означает соответственно большую толщину стены.

Плотность известково-конопляного композита составляет от 197 до 495 кг/м^3, теплопроводность от 0,067 до 0,134 Вт/(м·К) [10]. Определяющим при выборе оказывается влажностное поведение композита. В испытаниях при разной относительной влажности воздуха микробиологический рост при 75 % не зафиксирован, при 85 и 95 % появлялась плесень, откуда критический уровень попадает в интервал между 75 и 85 % [14]. Ингибитором роста выступает само известковое вяжущее, а незащищённая костра ведёт себя подобно древесине. Сочетание умеренной теплопроводности с высокой паропроницаемостью и способностью связывать углерод подтверждено в обзорной работе [15]. Применение композита допустимо, если влажностный режим проработан проектно и влажность воздуха в толще конструкции удерживается ниже критического интервала.

По теплопроводности выигрывает прессованная солома, у которой этот показатель лежит в диапазоне от 0,038 до 0,065 Вт/(м·К) при плотности блоков от 80 до 150 кг/м^3, при этом эксплуатационная влажность ограничена значением 20 % [16]. Пожарный критерий солому не отсеивает, поскольку испытания оштукатуренных соломенных стен дают классификацию REI 120 при цементной штукатурке толщиной около 13 мм в два слоя [17]. Ограничивают применение соломы отсутствие расчётных характеристик в нормативных документах и высокая чувствительность результата к качеству оштукатуривания, то есть к операции, которую выполняют на площадке, а не на производстве.

Мицелиевые композиты показывают наилучшие теплотехнические значения, плотность от 94 до 135 кг/м^3 при теплопроводности от 0,040 до 0,058 Вт/(м·К) [18], но отсеиваются по критерию технологической готовности, поскольку производятся опытными партиями со значительным разбросом характеристик. Результаты отбора материалов для наружных ограждающих конструкций приведены в таблице 2.

Составлено по материалам [10; 13; 14; 16; 17; 18]

Таблица 2
Результаты отбора материалов для наружных ограждающих конструкций

Материал	ρ_0, кг/м^3	λ, Вт/(м·°C)	Отсекающие ограничения	Результат отбора
Арболит	400	0,16	ограничений не выявлено	допустим, уступает по теплопроводности
Известково-конопляный композит	197–495	0,067–0,134	плесень при влажности воздуха 85 % и выше, критический интервал от 75 до 85 %	отбор пройден при управляемом влажностном режиме
Солома прессованная в блоках	80–150	0,038–0,065	эксплуатационная влажность не выше 20 %, огнестойкость обеспечивается штукатуркой, REI 120	резерв, расчётные характеристики отсутствуют
Мицелиевые композиты	94–135	0,040–0,058	опытные партии, значительный разброс характеристик	резерв по технологической готовности
Плиты минераловатные (база сравнения)	80–125	0,044	не относится к биопозитивным материалам	вне отбора

Выбор и границы его применимости

После отсева состав выборки меняется, и для несущих конструкций многоэтажного жилого здания отбор проходит единственный материал, то есть перекрёстно клеёная древесина, так как только она обеспечена одновременно сводом правил, стандартом на изделие и стандартом на плиты перекрытий [3; 5; 6] и допускает количественный расчёт поведения при пожаре [12]. Клеёный брус остаётся в системе как элемент каркаса, цельная древесина и конструкционный арболит сохраняют область малоэтажного строительства.

Применительно к наружным ограждающим конструкциям выбор ведётся между арболитом, костробетоном и прессованной соломой. У арболита преимущество состоит в нормативной обеспеченности, а недостаток в теплопроводности. Солома, наоборот, выигрывает по теплопроводности и уступает по управляемости качества, так как пожарные характеристики соломенной кладки задаёт штукатурный слой, который наносят на площадке. Промежуточное положение по теплопроводности занимает известково-конопляный композит, но по совокупности влажностного поведения и технологичности он превосходит конкурентов, так как допускает заводское изготовление блоков и ведёт себя предсказуемо при контролируемой влажности [14, 15]. Основным материалом наружного ограждения принимается известково-конопляный композит.

Отдельным вопросом при сочетании этих материалов в одной конструкции становится узел их сопряжения. Паропроницаемость несущего элемента из перекрёстно клеёной древесины и ограждающего слоя из известково-конопляного композита различается, реакция на увлажнение у них тоже разная, поэтому наиболее уязвимым местом системы оказывается граница между ними. К этой зоне, а не к телу стены, в первую очередь и относится требование поддерживать относительную влажность ниже критического интервала [14]. Практический вывод состоит в том, что назначением материалов выбор не завершается и требуется проработать конструкцию узла, в том числе вентилируемый зазор и защиту торцов древесины от капиллярного подсоса.

Приведённые результаты анализа характерны для условий, где несущая система многоэтажная, а влажностный режим конструкции поддаётся проектному управлению. В малоэтажной застройке отсекающий критерий нормативной обеспеченности снижается, так, конструкционный арболит выходит в полноценные конкуренты перекрёстно клеёной древесине по стоимости. Если влажностный режим гарантировать невозможно, предпочтение отдаётся арболиту, у которого чувствительность к влаге ниже за счёт большего объёма минерального вяжущего. В резерве остаются прессованная солома и мицелиевые композиты, при этом ограничение по соломе снимается разработкой расчётных характеристик, а по мицелиевым композитам выходом на серийное производство.

Выводы

По своей роли критерии выбора биопозитивных материалов неоднородны. Как отсекающие условия действуют нормативная обеспеченность, требования пожарной безопасности и допустимый влажностный режим, причём высокие значения прочностных или теплотехнических показателей их не компенсируют. Отсюда следует некорректность свёртки всех критериев в единый показатель для этой группы материалов.

Обоснована процедура, где кандидаты сначала отсеиваются по отсекающим критериям и лишь затем ранжируются по ранжирующим. На результат такой процедуры порядок применения критериев влияет сильнее, чем назначение весов.

Для несущих конструкций многоэтажного жилого здания отбор проходит перекрёстно клеёная древесина как единственный материал группы, обеспеченный сводом правил и национальными стандартами, и допускающий количественный учёт обугливания при расчёте сечений по измеренной скорости от 0,36 до 0,79 мм/мин.

Для наружных ограждающих конструкций предпочтителен известково-конопляный композит с теплопроводностью от 0,067 до 0,134 Вт/(м·К), допустимый при поддержании относительной влажности ниже критического интервала. Прессованная солома и мицелиевые композиты отнесены к резерву.

Литература

1. Bajwa A. U. R., Siriwardana C., Shahzad W., Naeem M. A. Material selection in the construction industry: a systematic literature review on multi-criteria decision making // Environment Systems and Decisions. – 2025. – Vol. 45, № 1. – Art. 1. – DOI: 10.1007/s10669-025-10001-w
2. Theilig K., Lourenço B., Reitberger R., Lang W. Life cycle assessment and multi-criteria decision-making for sustainable building parts: criteria, methods, and application // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2024. – Vol. 29, № 11. – P. 1965–1991. – DOI: 10.1007/s11367-024-02331-9
3. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 (с Изменениями № 1, 2, 3). – URL: https://docs.cntd.ru/document/456082589 (дата обращения: 22.08.2026).
4. ГОСТ 20850-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200115773 (дата обращения: 22.08.2026).
5. ГОСТ Р 56706-2015. Плиты клееные из пиломатериалов с перекрестным расположением слоев. Технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200127284 (дата обращения: 22.08.2026).
6. ГОСТ Р 70875-2023. Плиты перекрытий из перекрестноклееной древесины для жилых и общественных зданий. Технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1302614778 (дата обращения: 22.08.2026).
7. Buka-Vaivade K., Serdjuks D., Goremikins V., Vatin N. I., Pakrastins L. Suspension structure with cross-laminated timber deck panels // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 7 (83). – С. 126–135. – DOI: 10.18720/MCE.83.12
8. Andersen J. H., Rasmussen N. L., Ryberg M. W. Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon // Energy and Buildings. – 2022. – Vol. 254. – Art. 111604. – DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111604
9. ГОСТ 19222-2019. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200165761 (дата обращения: 22.08.2026).
10. Gołębiewski M., Pietruszka B., Piątkiewicz W., Kubiś M., Oleksiienko O. Compressive strength, thermal conductivity, vapor permeability and specific heat of hemp-lime composites varying in density for wall, roof and floor applications // Materials. – 2025. – Vol. 18, № 21. – Art. 4958. – DOI: 10.3390/ma18214958
11. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением № 2, утв. приказом МЧС России от 06.11.2025 № 999). – URL: https://docs.cntd.ru/document/565248963 (дата обращения: 22.08.2026).
12. Bartlett A., Hadden R. M., Bisby L. A., Law A. Analysis of cross-laminated timber charring rates upon exposure to nonstandard heating conditions // Fire and Materials 2015. 14th International Conference and Exhibition. Proceedings. – London: Interscience Communications, 2015. – P. 667–681.
13. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: утв. приказом Минстроя России от 15.05.2024 № 327/пр. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1306326592 (дата обращения: 22.08.2026).
14. Johansson S., Balksten K., Strandberg-de Bruijn P. B. Risk for mould growth on hemp-lime at different relative humidity // Construction Technologies and Architecture. – 2022. – Vol. 1. – P. 588–594. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/CTA.1.588
15. Steyn K., de Villiers W., Babafemi A. J. A comprehensive review of hempcrete as a sustainable building material // Innovative Infrastructure Solutions. – 2025. – Vol. 10. – Art. 97. – DOI: 10.1007/s41062-025-01906-1
16. Cascone S., Rapisarda R., Cascone D. Physical properties of straw bales as a construction material: a review // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, № 12. – Art. 3388. – DOI: 10.3390/su11123388
17. Džidić S. Fire resistance of the straw bale walls // Contemporary Achievements in Civil Engineering: Proceedings of the 5th International Conference. – Subotica, 2017. – P. 423–432. – DOI: 10.14415/konferencijaGFS2017.044
18. Ashraf U., Hzami A., Alghamri R. Mycelium-based composites: a review of a sustainable alternative for thermal insulation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2026. – Vol. 1587. – Art. 012037. – DOI: 10.1088/1755-1315/1587/1/012037

Rationale for the selection of biopositive materials for load-bearing and enclosing structures in housing construction

Marunchenko A.M.
Southwest State University

JEL classification: L61, L74, R53

The objective is to rationally select biopositive materials for load-bearing and enclosing structures in residential buildings. It is shown that direct ranking of candidates based on the sum of weighted indicators leads to error, as some criteria are of a screening nature rather than a ranking one. A procedure is proposed in which candidates are first screened based on regulatory compliance, fire safety requirements, and permissible humidity conditions, and then ranked based on strength, thermal performance, and technological properties. The procedure is applied to materials for load-bearing and enclosing structures. It has been established that only cross-laminated timber, as defined by a code of practice and national standards, is selected for the load-bearing frame of a multi-story residential building, while lime-hemp composite is preferred for external enclosing structures. Pressed straw and mycelial composites are relegated to reserve materials.

Keywords: material selection, biopositive materials, load-bearing structures, enclosing structures, CLT, lime-hemp composite, selection criteria, residential buildings.

References

1. Bajwa A. U. R., Siriwardana C., Shahzad W., Naeem M. A. Material selection in the construction industry: a systematic literature review on multi-criteria decision making // Environment Systems and Decisions. – 2025. – Vol. 45, No. 1. – Art. 1. – DOI: 10.1007/s10669-025-10001-w
2. Theilig K., Lourenço B., Reitberger R., Lang W. Life cycle assessment and multi-criteria decision-making for sustainable building parts: criteria, methods, and application // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2024. – Vol. 29, No. 11. – P. 1965–1991. – DOI: 10.1007/s11367-024-02331-9
3. SP 64.13330.2017. Timber structures. Updated version of SNiP II-25-80 (with Amendments No. 1, 2, 3). – URL: https://docs.cntd.ru/document/456082589 (accessed: 22.08.2026).
4. GOST 20850-2014. Load-bearing glued timber structures. General specifications. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200115773 (accessed: 22.08.2026).
5. GOST R 56706-2015. Cross-laminated timber panels. Specifications. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200127284 (accessed: 22.08.2026).
6. GOST R 70875-2023. Cross-laminated timber floor/roof panels for residential and public buildings. Technical specifications. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1302614778 (accessed: 22.08.2026).
7. Buka-Vaivade K., Serdjuks D., Goremikins V., Vatin N. I., Pakrastins L. Suspension structure with cross-laminated timber deck panels // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No. 7 (83). – pp. 126–135. – DOI: 10.18720/MCE.83.12
8. Andersen J. H., Rasmussen N. L., Ryberg M. W. Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon // Energy and Buildings. – 2022. – Vol. 254. – Art. 111604. – DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111604
9. GOST 19222-2019. Wood-cement concrete (arbolit) and products made from it. General technical specifications. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200165761 (accessed: 22.08.2026). 10. Gołębiewski M., Pietruszka B., Piątkiewicz W., Kubiś M., Oleksiienko O. Compressive strength, thermal conductivity, vapor permeability and specific heat of hemp-lime composites varying in density for wall, roof and floor applications // Materials. – 2025. – Vol. 18, No. 21. – Art. 4958. – DOI: 10.3390/ma18214958
11. SP 2.13130.2020. Fire Protection Systems. Ensuring Fire Resistance of Protected Objects (with Amendment No. 2, approved by the Order of the EMERCOM of Russia dated November 6, 2025, No. 999). – URL: https://docs.cntd.ru/document/565248963 (accessed: August 22, 2026).
12. Bartlett A., Hadden R. M., Bisby L. A., Law A. Analysis of cross-laminated timber charring rates upon exposure to nonstandard heating conditions // Fire and Materials 2015. 14th International Conference and Exhibition. Proceedings. – London: Interscience Communications, 2015. – pp. 667–681.
13. SP 50.13330.2024. Thermal Protection of Buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003: approved by the Order of the Ministry of Construction of Russia dated May 15, 2024, No. 327/pr. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1306326592 (accessed: August 22, 2026). 14. Johansson S., Balksten K., Strandberg-de Bruijn P. B. Risk for mold growth on hemp-lime at different relative humidity // Construction Technologies and Architecture. – 2022. – Vol. 1. – P. 588–594. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/CTA.1.588
15. Steyn K., de Villiers W., Babafemi A. J. A comprehensive review of hempcrete as a sustainable building material // Innovative Infrastructure Solutions. – 2025. – Vol. 10. – Art. 97. – DOI: 10.1007/s41062-025-01906-1
16. Cascone S., Rapisarda R., Cascone D. Physical properties of straw bales as a construction material: a review // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, No. 12. – Art. 3388. – DOI: 10.3390/su11123388
17. Džidić S. Fire resistance of the straw bale walls // Contemporary Achievements in Civil Engineering: Proceedings of the 5th International Conference. – Subotica, 2017. – P. 423–432. – DOI: 10.14415/konferencijaGFS2017.044
18. Ashraf U., Hzami A., Alghamri R. Mycelium-based composites: a re-view of a sustainable alternative for thermal insulation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2026. – Vol. 1587. – Art. 012037. – DOI: 10.1088/1755-1315/1587/1/012037

Сравнительный анализ существующих типов усиления железобетонных стоек технологических эстакад

Нестеров Дмитрий Владимирович
аспирант, Казанский государственный энергетический университет, NDVnest@yandex.ru

Проведён анализ известных конструктивных решений усиления железобетонных стоек опор технологических эстакад. Рассмотрены три типа усиления: стальная, железобетонная и композитная обойма. На конкретном примере выполнено технико-экономическое сравнение этих типов по критериям стоимостных затрат на материалы и на монтаж. Самым эффективным оказался вариант со стальной обоймой. Однако ее эффективность обеспечивается только за счет совместной работы стальных элементов с бетоном стойки за счёт создания предварительного напряжения. Научной новизной данной статьи является применение нелинейной деформационной модели для расчета железобетонного элемента и учет сил трения на границе стыка бетона колонны и обоймы усиления. При этом для оценки несущей способности предполагается построение конечно-элементной модели в вычислительном комплексе Ansys APDL Mechanical. Применение такой модели позволяет увеличить эффективность рассматриваемого типа усиления до 17% по сравнению с нормативными подходами при расчете прочности, что подтверждается данными исследованиями.

Ключевые слова: стальная обойма, нелинейная деформационная модель, метод конечных элементов, диаграммы деформирования, физическая нелинейность.

Введение

На промышленных объектах нашей страны железобетон нашёл самое широкое распространение. Благодаря высокому сопротивлению сжимающим усилиям, повышенной огневой и коррозионной стойкости, а также другим высоким эксплуатационным качествам этот композитный материал широко применяют, в частности, для изготовления вертикальных стоек разного рода технологических эстакад. Часто такие эстакады эксплуатируются под открытым небом, испытывают воздействия агрессивных сред, непроектные статические и динамические нагрузки, что влечёт за собой накопление повреждений в материале. Нередко эксплуатационная нагрузка на стойки увеличивается вслед за модернизацией технологического процесса на данном производстве. Эти и другие факторы вызывают необходимость в усилении железобетонных колонн (стоек) эстакад [1]. На сегодня известно несколько способов усиления рассматриваемых конструкций, таких как подведение новых дополнительных (дублирующих) стоек и изменение конструктивной схемы, выполнение обойм из различных материалов о них и пойдет речь далее.

Материалы и методы

Для увеличения несущей способности колонн технологических эстакад необходимо выбрать наиболее подходящую для данного типа сооружений схему усиления [2]. Выбор такой схемы будет производиться по критериям материалоемкости, трудоемкости изготовления и трудоемкости монтажа данного конструктивного решения. Для наиболее полного анализа будем рассматривать три основные схемы усиления, такие как железобетонная, стальная и композитная обойма.

При выборе материалов усиления будем руководствоваться применяемостью того или иного типа усиления для технологических эстакад. Особенностью эксплуатации таких сооружений как эстакады является огнестойкость конструкции, сроки монтажа типа усиления, сезонность выполнения работ по усилению и др. Далее рассмотрим более подробно каждый тип усиления.

Для усиления железобетонной обоймой применяется стандартная продольная и поперечная арматура по ГОСТ 34028-2016. Арматура железобетонного элемента и стержни проектируемой обоймы между собой не связываются. Толщина железобетонной обоймы вертикального элемента зависит от состояния существующей стойки и как правило не превышает 300 мм. Минимальная же толщина обойм зависит от метода бетонирования. Например, при применении глубинных вибраторов толщина стенки обоймы зависит от высоты опалубки. Так при высоте опалубки 600-800 мм толщина составит 80 мм, а при высоте опалубочных конструкций 1200 мм толщина уже составит не менее 120 мм. При данном типе усиления возможно применение торкрет бетонов, что позволяет уменьшить толщину слоя до 50 мм.

При применении железобетонных обойм площадь поперечного сечения арматуры определяется в соответствии с расчетом. При этом минимальный диаметр сжатого стержня не может быть менее 16 мм, а для растянутого стержня 12 мм. При усилении железобетонной обоймой поперечная арматура может быть принята сварной (минимальный диаметр 8 мм) или вязанной (минимальный диаметр 6 мм). Шаг поперечной арматуры устанавливается не менее 15 диаметров основной продольной арматуры, но не более 200 мм. Также шаг не может превышать трехкратную толщину обоймы.[4]

Рассмотрим конструктивные особенности стальной обоймы. Составными частями усиления такой обоймы являются уголковые профиля, которые устанавливаются по граням железобетонных стоек. Сечение профиля определяется исходя из прочностного расчета, сортамента металлопроката и наличия материала на производственных базах. Из практики проектирования минимальное конструктивное сечение принимается не менее чем из уголка размерами 75х6, однако при расчетном обосновании может быть принято и меньшее сечение. Для соединения данных стальных элементов применяются соединительные планки. Размеры планок принимаются по расчету. Согласно конструктивным требованиям к данным элементам, толщина планки не может быть менее 8 мм, ширина планки принимается по расчету, и варьируется от 50 мм до 200 мм.

При устройстве металлических обойм главным условием, для работы данного типа усиления является примыкание металлических элементов к граням усиливаемых элементов. Также важна их вертикальность. Для обеспечения этих условий поверхность бетона выравнивают и ремонтируют специальными составами.[4] Включение стальной обоймы в работу осуществляется различными способами, а именно при помощи специальных приспособлений или путем нагрева соединительных планок. Также может быть выполнено усиление без специальных приспособлений, однако это экономически нецелесообразно в связи с отсутствием совместной работы бетона и элементами обоймы [3].

Металлические обоймы как правило применяют, когда требуется не увеличивать габариты вертикальных элементов, либо при необходимости выполнения усиления в кратчайшие сроки. Следует отметить, что стальные кон-

струкции требуется защищать от пожара, так как огнестойкость таких конструкций для промышленных сооружений транспортирующих ЛВЖ и ГЖ недостаточна. Этот вопрос решается путем доведении стальных элементов до требуемой огнестойкости специальными составами [6].

Следующий, относительно новый тип усиления, это композитная обойма. На данный момент существует методика усиления колонн специальными композитными составами. Оно выполняется по принципу оклеивания граней бетонных элементов углеволокном. Углеволокно представляет собой прочный гибкий материал, свернутый в рулоны. Процесс монтажа имеет четкую последовательность. Сначала поверхность вертикального элемента очищается от пыли и грязи специальными составами. Затем на бетонную поверхность наносят клеевой полимерный состав и приклеивают к бетону углеволокно. Далее процесс повторяется, а клей наносится на волокно образуя многослойную обойму. На данный момент на рынке существует множество композитных полотен и полимерных клеевых составов различных марок и характеристик. Их подбор осуществляется по методике расчета в соответствии с СП 164.1325800.2014.

Несмотря на простоту использования и легкость материалов, при выполнении усиления возникает ряд вопросов. Во-первых, полимерный состав многокомпонентный и несоблюдение соотношений клеевых компонентов приведет либо к «недобору» прочности при застывании, либо к его «хрупкости». Соответственно это повлияет на несущую способность элемента. Во-вторых, все композитные клеи и составы имеют длительный срок схватывания и набора прочности. Также следует отметить необходимость выполнения защиты от УФ-излучения так как данное воздействие ведет к деградации материала. При применении такого типа усиления следует детально проработать вопрос огнестойкости композитных ламелей [5].

Результаты и обсуждения

Рассматривая все типы усиления железобетонных вертикальных элементов, можно сделать вывод, о том, что каждый из них имеет ряд преимуществ и недостатков. Однако выбор конкретного типа усиления всегда основывается на двух требованиях. Первое требование – это техническая возможность применения выбранного типа усиления. Второе требование – экономическая целесообразность. Для сравнения методов усиления был проведен сравнительный анализ различных видов обойм. Для оценки экономической эффективности была принята конструктивная схема эстакады, показанная на рис. 1.

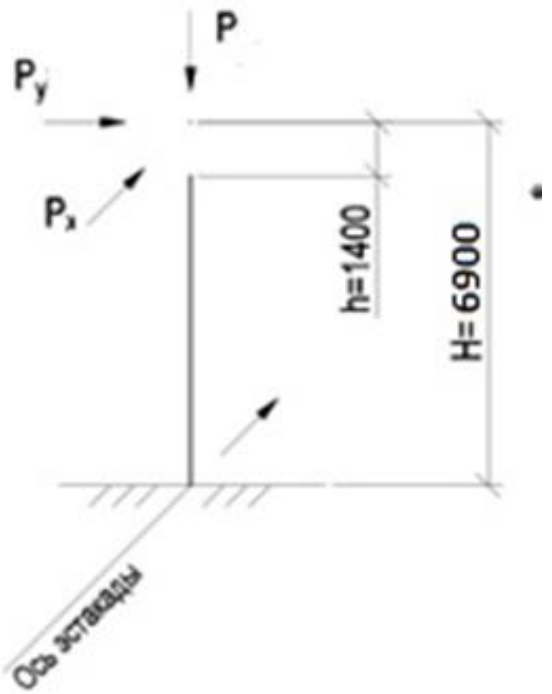


Рис.1 Габаритная схема эстакады

Колонна имеет сечение 400х400, и выполнена из бетона В15. Продольное армирование колонны принято из 4-ех стержней диаметром 18 мм класса AIII, а поперечная арматура из стержней диаметром 8 мм класса AI с шагом 300 мм. Высота колонны 5,5 м. Максимально-допустимая вертикальная нагрузка P по Серии 3.016.1-11 на стойку при данном сечении 90 кН, поперечные силы Px=9,2 кН и Py=1 кН.

Для изучения экономической целесообразности усиления будем сравнивать три варианта перегрузки строительных конструкций. Сначала нагрузка на стойку будет увеличится в 1,25 раза, затем в 1,5 и 2 раза соответственно. (См. таблицу 1)

Таблица 1

Нагрузки на конструкции, подлежащие усилению

Раздел оценки Перегрузка конструкций	Нагрузки на колонну эстакады		
	P	Px	Py
1,25 P	112,5 кН	11,25 кН	1,25 кН
1.5 P	135 кН	13,8 кН	1,5 кН
2 P	180 кН	18,4 кН	2 кН

Поперечные силы будем увеличивать пропорционально увеличению вертикальной нагрузки. Стальная обойма рассчитывалась в двух вариантах.

В первом варианте стальная обойма рассчитывалась на основе МКЭ расчета с учетом совместной работы стальной обоймы и бетона существующей конструкции а также с применением диаграмм деформирования. Необходимость учета физической нелинейности подтверждает автор [7]. Модель построена в программном комплексе Ansys APDL Mechanical. Бетон существующей колонны моделировался конечным элементом SOLID 65. Такой конечный элемент позволяет учитывать диаграммы деформирования бетона из исследований [8, 9]. Для моделирования стальной обоймы использовался пластинчатый конечный элемент SHELL 181. Эффект обоймы обеспечивался за счет объемных деформаций бетона колонны. Контактные поверхности между уголковыми профилями и бетоном обоймы моделировалась за счет конечных элементов контактных поверхностей TARGET 170 и CONTA 174. Коэффициент трения принимался равным 0,5.

Во втором варианте использовался нормативный подход на основе метода предельных усилий. Полученные результаты показаны на графике, показанном ниже (см. рис. 2).

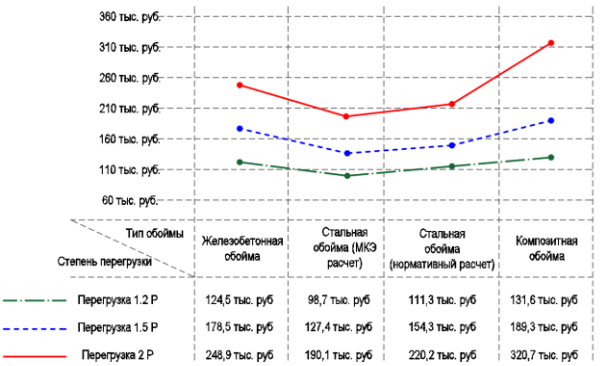


Рис.2 График сравнения стоимости обойм.

Выполненный анализ экономической эффективности рассмотренных типов усиления позволяет сказать о наличии существенных различий в стоимости. Все три метода усиления демонстрируют рост стоимости в зависимости от увеличения нагрузки. Для начала рассмотрим все три варианта без учета возможного расчета конструкции усиления с применением МКЭ. Наиболее экономически-эффективным решением при этом с учетом разной степени перегрузки является применение усиления стальной обоймой. При минимальной перегрузке стоимость такой обоймы составит 111,3 тыс. руб., что на 10.6% дешевле железобетонной и на 15,4% дешевле композитной обоймы. Если рассматривать перегрузку, равную 2P, преимущество стальной обоймы становится более выраженным и ее стоимость становится на 11,5 % ниже железобетонной обоймы и на 31,4 % ниже композитной. Это объясняется сравнительно невысокой стоимостью металлопроката, монтажных работ стальных конструкций и высокой скоростью монтажа. Однако наиболее эффективным решением будет выполнение МКЭ расчета с учетом диаграмм деформирования бетона и совместности работы обоймы с усиляемой железобетонной колонной. При этом применение диаграмм зависимости напряжений от деформаций и учет совместной работы позволит сократить стоимость усиления стальной обоймой в среднем на 12-17 % в сравнении с нормативным подходом.

Обсуждение

Сравнивая различные методы усиления следует использовать перспективные методики расчета. Тогда экономическая эффективность стальной обоймы станет более выраженной. В этом можно убедиться используя при расчете прочности нелинейную деформационную модель. Также следует не забывать об учете сил трения на границе соприкосновения уголковых профилей усиления и бетона колонны.

Для сравнительного анализа применялось конечно-элементное моделирование обоймы усиления в программном комплексе Ansys APDL Mechanical. Полученная модель позволила сократить расход материала по сравнению с расходом материала на конструкции, рассчитанные по нормативным подходам. При использовании в расчетах диаграмм деформирования эффективность усиления стальной обоймой может увеличиваться на 17 % по сравнению с показателями указанными на графике выше (Рис. 2) Модель на,

которой были достигнуты такие показатели, построена на основе исследований [10] и учитывает физическую нелинейность материала и совместную работу уголковых профилей усиления и железобетонной колонны.

Заключение

В рамках исследования проведен анализ трех основных методов усиления железобетонных колонн технологических эстакад: железобетонной, стальной и композитной обойм. Также рассмотрены конструктивные особенности каждого метода усиления, нормативные требования к монтажу и проектированию, а также выявлены ключевые преимущества и ограничения исследуемых методов усиления.

На основании выполненного сравнительного анализа при различных уровнях перегрузки строительных конструкций (1,25P, 1,5P и 2P) было выявлено, что наиболее эффективным методом усиления для промышленных технологических эстакад является стальная обойма. Этот метод экономическую эффективность во всех рассмотренных вариантах перегрузки колонн эстакад. Например при минимальной перегрузке в 1.25 раза стоимость стальной обоймы на 10,6% ниже железобетонной. Если сравнивать ее с композитной обоймой она будет выгоднее на 15,4%. При максимальной перегрузке (2P) эффективность стальной обоймы возрастает до 11,5% и 31,4% соответственно.

Экономическая эффективность стальной обоймы обеспечивается сравнительно невысокой стоимостью стального проката, высокой скоростью монтажа, а также применением современных методов расчета с использованием нелинейной деформационной модели и конечно-элементного моделирования.

Литература

1. Мосин М. В. Оценка эффекта и эффективности усиления металлическими уголковыми обоймами усиления железобетонных колонн с возможностью обжатия // Вестник СибАДИ. 2017. №2. С. 112–119.
2. Георгиев С.В., Соловьева А.И., Меретуков З.А. Сравнение методов усиления железобетонных стоек с точки зрения экономической эффективности // Инженерный вестник Дона. 2022. №2
3. Опанасюк И.Л., Данилов С.В. Исследование способов усиления железобетонных колонн с использованием многокритериального анализа оценочных показателей // Вестник Белорусско-Российского университета 2011. С.157-163
4. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. Ленинград: Стройиздат, 1965. 342 с.
5. Кунин Ю.С., Ермак А.Л., Григорян Г.А. Выбор оптимального метода усиления железобетонных колонн // Инженерный вестник Дона. 2025. №9
6. Данилов С. В., Семененко Е. В. Усиление железобетонных колонн стальными обоймами без обетонирования // Белорусско-Российский университет. Могилев, Беларусь, 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/41725/236-237.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 09.09.2026).
7. Кунин Ю. С., Ермак А. Л. Расчет конструкций усиления колонн (металлической обоймой из уголков) с учётом физической нелинейности в программном комплексе // Инженерный вестник Дона Т. 1. 2025.
8. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Проектирование бетонных, железобетонных, каменных и армокаменных элементов и конструкций с применением диаграммных методов расчёта: монография. М: Издательство АСВ, 2019. 194 с.
9. 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.
10. Радайкин О.В., Нестеров Д.В. Моделирование усиления стальной обоймой колонны эстакады с учетом физической нелинейности //Инженерный вестник дона № 2. 2026

Comparative analysis of existing types of reinforcement for reinforced concrete supports of technological overpasses

Nesterov D.V.
Kazan State Power Engineering University

JEL classification: L61, L74, R53

An analysis was conducted of the known design solutions for reinforcing reinforced concrete supports of technological overpasses. Three types of reinforcement were considered: steel, reinforced concrete, and composite sheaths. Using a specific example, a technical and economic comparison of these types was carried out based on the criteria of material and installation costs. The most effective option turned out to be the one with a steel sheath. However, its effectiveness is ensured only through the joint operation of steel elements with the concrete of the support, achieved by creating pre-stress. The scientific novelty of this article lies in the application of a nonlinear deformation model to calculate a reinforced concrete element and take into account the friction forces at the interface between the column's concrete and the reinforcement casing. To assess the load-bearing capacity, it is proposed to build a finite-element model in the Ansys APDL Mechanical computational package. Using such a model makes it possible to increase the efficiency of the considered type of reinforcement by up to 17 % compared to standard approaches in strength calculations, which is confirmed by the research data.

Keywords: steel casing, nonlinear deformation model, finite element method, stress-strain diagrams, physical nonlinearity.

References

1. Mosin M. V. Ocenka ehffekta i ehffektivnosti usileniya metallicheskimi ugolkovymi obojmami usileniya zhelezobetonnyh kolonn s vozmozhnost'yu obzhatiya // Vestnik SibADI. 2017. №2. Pp. 112–119.
2. Georgiev S.V., Solov'eva A.I., Meretukov Z.A. Sravnenie metodov usileniya zhelezobetonnyh stoek s tochki zreniya ehkonomicheskoj ehffektivnosti // Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №2
3. Opanasyuk I.L., Danilov S.V. Issledovanie sposobov usileniya zhelezobetonnyh kolonn s ispol'zovaniem mnogokriterial'nogo analiza ocenochnyh pokazatelej // Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta 2011. Pp.157-163
4. Onufriev N. M. Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij promyshlennyh zdanij i sooruzhenij. Leningrad: Strojizdat, 1965. 342 p.
5. Kunin Yu.S., Ermak A.L., Grigoryan G.A.. Vybor optimal'nogo metoda usileniya zhelezobetonnyh kolonn // Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. №9
6. Danilov S. V., Semenenko E. V. Usilenie zhelezobetonnyh kolonn stal'nymi obojmami bez obetonirovaniya // Belorussko-Rossijskij universitet. Mogilev, Belarus', 2024. [Electronic resource]. Rezhim dostupa: http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/41725/236-237.pdf?sequence=1&isAllowed=y (access date: 09.09.2026).
7. Kunin Yu. S., Ermak A. L. Raschet konstrukcij usileniya kolonn (metallicheskoj obojmoj iz ugolkov) s uchyotom fizicheskoj nelinejnosti v programmnom komplekse // Inzhenernyj vestnik Dona T. 1. 2025.
8. Karpenko N.I., Sokolov B.S., Radajkin O.V. Proektirovanie betonnyh, zhelezobetonnyh, kamennyh i armokamennyh ehlementov i konstrukcij s primeneniem diagrammnyh metodov raschyota: monografiya. M: Izdatel'stvo ASV, 2019. 194 p.
9. Radajkin O.V. Sravnitel'nyj analiz razlichnyh diagramm deformirovaniya betona po kriteriyu ehnergozatrat na deformirovanie i razrushenie // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2019. №10. Pp. 29-39.
10. Radajkin O.V., Nesterov D.V. Modelirovanie usileniya stal'noj obojmoj kolonny ehstakady s uchetom fizicheskoj nelinejnosti //Inzhenernyj vestnik dona № 2. 2026

Современная парадигма интеграции иммерсивных технологий в строительной отрасли

Плотников Сергей Алексеевич
магистрант, НИУ МГСУ, splot04@mail.ru,

Овчаренко Екатерина Евгеньевна
магистрант, НИУ МГСУ, ovcarenkoekaterina77@gmail.com,

Самосудов Егор Александрович
магистрант, НИУ МГСУ, sea-2205@mail.ru,

Сергеева Полина Сергеевна
магистрант, НИУ МГСУ, sergeevapolina38@gmail.com,

Назарова Алина Алексеевна
магистрант, НИУ МГСУ, xolittt@mail.ru

В статье рассматривается изменение роли иммерсивных технологий в строительной отрасли и обосновывается переход от их локального применения в качестве средства трехмерной визуализации к включению в единую цифровую среду жизненного цикла объекта. Показано, что виртуальная, дополненная и смешанная реальность приобретают наибольшую практическую ценность при интеграции с технологиями информационного моделирования, цифровыми двойниками, системами мониторинга и общими средами данных. Проанализированы направления применения XR-технологий на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации, а также ограничения, препятствующие их масштабированию. Предлагается рассматривать иммерсивную среду не как самостоятельный программный продукт, а как человеко-машинный интерфейс доступа к актуальной информационной модели объекта и средство обратной передачи данных в цифровой контур проекта. Такой подход позволяет связать пространственное восприятие строительного объекта с управленческими и производственными процессами и формирует основу для перехода к контекстно-зависимому цифровому сопровождению строительства.

Ключевые слова: иммерсивные технологии, строительство, виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, XR, информационное моделирование, BIM, цифровой двойник.

Современное развитие строительной отрасли характеризуется не столько появлением отдельных цифровых инструментов, сколько постепенным объединением ранее автономных технологий в единую информационную среду. В этом процессе иммерсивные технологии — виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR) и смешанная реальность (MR), объединяемые понятием Extended Reality (XR), — занимают особое положение. Их принципиальное отличие от традиционной трехмерной визуализации заключается в том, что пользователь получает возможность воспринимать цифровые данные непосредственно в пространственном контексте объекта, взаимодействовать с ними и соотносить модель с реальной производственной средой. Для строительства, где значительная часть решений связана с геометрией, последовательностью операций, доступностью конструкций и взаимным расположением элементов, данное свойство имеет самостоятельную производственную ценность. Современные исследования также показывают устойчивое расширение сферы применения VR и AR в AEC-секторе и усиление их взаимосвязи с BIM и технологиями цифровых двойников [1].

На ранних этапах внедрения VR и AR в архитектурно-строительной практике основной эффект связывался преимущественно с наглядностью. Виртуальные модели применялись для демонстрации проектных решений заказчику, оценки архитектурного восприятия помещений, обучения персонала или представления отдельных технологических операций. Подобные сценарии сохраняют свое значение и сегодня, однако их нельзя считать достаточными для системной цифровой трансформации отрасли. Современная парадигма предполагает, что иммерсивная среда должна быть связана с информационной моделью объекта, календарными данными, результатами строительного контроля, параметрами оборудования и, при необходимости, потоками информации от датчиков. Исследования последних лет прямо связывают дальнейшее развитие XR в строительстве с цифровыми двойниками, BIM, IoT и системами управления данными [2]. В такой системе XR перестает быть своеобразной «витриной» трехмерной модели и становится интерфейсом работы с цифровым состоянием строительного объекта.

Цель настоящего исследования состоит в формировании концептуального представления о месте иммерсивных технологий в цифровом контуре строительного проекта и определении условий, при которых их использование способно обеспечивать устойчивый организационно-технологический эффект. Методологическую основу исследования составили сравнительный анализ научных работ по применению VR, AR и MR в архитектурно-строительной сфере, обобщение практики информационного моделирования и системный анализ взаимосвязей между цифровой моделью, физическим объектом и пользователем. Такой подход позволяет рассматривать иммерсивные технологии не изолированно, а в системе информационных потоков, сопровождающих объект в течение его жизненного цикла.

На стадии проектирования наиболее очевидным преимуществом иммерсивных технологий является возможность пространственной проверки решений до начала выполнения строительно-монтажных работ. Традиционный просмотр модели на экране позволяет оценить геометрию объекта, однако не всегда дает достоверное представление о масштабе помещений, доступности оборудования, удобстве перемещения персонала или фактической видимости отдельных конструктивных элементов. В VR проектная группа получает возможность рассматривать объект в масштабе 1:1, моделировать маршруты, оценивать зоны обслуживания инженерного оборудования, анализировать эргономику и проводить коллективные проектные сессии. При этом практическая значимость технологии определяется не качеством визуального эффекта, а тем, насколько обнаруженные замечания включаются в формальный процесс управления изменениями. Если выявленное в виртуальной среде замечание фиксируется как задача, связывается с конкретным элементом информационной модели и передается ответственному участнику проектирования, XR становится частью процесса координации. Если же результат остается исключительно предметом устного обсуждения, цифровой эффект применения технологии существенно снижается.

На строительной площадке функции иммерсивных решений изменяются. Здесь приоритет получают AR и MR, поскольку специалист взаимодействует не с полностью искусственной средой, а с физическим объектом, на который накладывается цифровая информация. Возможными сценариями являются визуализация проектного положения конструкций и инженерных сетей, отображение последовательности монтажа, обозначение опасных зон, просмотр технологической документации и получение удаленных консультаций. Особый интерес представляет сопоставление фактически выполненных работ с информационной моделью. При корректной пространственной привязке цифрового слоя появляется возможность выявлять расхождения между проектным и фактическим положением элементов непосредственно в зоне производства работ. Вместе с тем надежность такого способа контроля зависит от точности позиционирования, качества исходной модели, условий освещения, стабильности трекинга и допустимой погрешности для конкретного вида работ. По этой причине иммерсивный контроль не следует автоматически отождествлять с инструментальным или геодезическим контролем.

Границы его применения должны устанавливаться исходя из требуемой точности и назначения конкретной контрольной процедуры.

Самостоятельное направление применения иммерсивных технологий связано с обеспечением безопасности труда. Виртуальная реальность позволяет воспроизводить потенциально опасные производственные ситуации без воздействия реального риска: падение с высоты, работу рядом с движущимися механизмами, нахождение в опасных зонах или нарушение порядка эвакуации. Метаанализ исследований применения VR в строительном обучении показал положительные результаты по показателям поведения, формирования навыков и пользовательского опыта по сравнению с традиционными форматами подготовки [3]. Вместе с тем результаты исследований не дают оснований считать любой иммерсивный курс заведомо эффективнее очного инструктажа. Результат определяется качеством сценария, характером обратной связи, продолжительностью подготовки, профессиональным опытом работников и соответствием виртуальной ситуации реальным условиям производства. Исследования AR-обучения также свидетельствуют о положительном потенциале технологии, однако в части усвоения знаний статистически значимое преимущество над традиционным обучением выявляется не во всех случаях [4]. Следовательно, сама технологическая новизна не может выступать критерием эффективности образовательного решения.

На стадии эксплуатации иммерсивные технологии получают иной информационный контекст. Пользователю требуется уже не проектная модель как таковая, а возможность оперативно получить сведения о фактическом состоянии конкретного элемента: его характеристиках, истории обслуживания, диагностических показателях, сопутствующей документации и взаимосвязях с инженерными системами. При наличии цифрового двойника специалист может получать в пространственном представлении не только сведения о расположении оборудования, но и его актуальные параметры, предупреждения и результаты мониторинга. В такой конфигурации XR фактически выполняет функцию пространственного интерфейса цифрового двойника. Подобный подход особенно востребован на объектах со значительной концентрацией инженерного оборудования, где поиск скрытых коммуникаций или идентификация элементов по традиционной исполнительной документации требует значительного времени.

Принципиальным условием современной интеграции является обеспечение двустороннего информационного обмена. Во многих ранних решениях данные передавались из BIM-модели в VR- или AR-приложение посредством однократной выгрузки. Такая схема неизбежно создает риск расхождения между исходной моделью и ее иммерсивным представлением. Более зрелая архитектура должна предполагать наличие единого авторитетного источника данных, механизмов синхронизации и возможности обратной фиксации результатов работы. Информационная модель или цифровой двойник передает XR-среде геометрические параметры, атрибуты элементов, их статусы и связанные документы; пользователь, в свою очередь, получает возможность зафиксировать дефект, подтвердить выполнение операции, сформировать замечание или связать фактические данные с конкретным элементом объекта. В результате возникает замкнутый информационный цикл «модель — физический объект — пользователь — актуализированная модель». Именно наличие подобного цикла позволяет отличать системную интеграцию от использования иммерсивной визуализации в качестве изолированного сервиса.

В российской практике предпосылки для реализации такого подхода связаны с развитием технологий информационного моделирования и нормативным закреплением требований к информационным моделям объектов капитального строительства. Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 мая 2024 г. № 614 утверждены правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, а СП 333.1325800.2020 определяет правила ее формирования на различных стадиях жизненного цикла [5, 6]. Указанные документы непосредственно не регламентируют применение иммерсивных технологий, однако создают важную информационную основу для их использования. XR-решения при таком подходе могут развиваться не в качестве самостоятельных хранилищ геометрии и атрибутивных данных, а как прикладной уровень доступа к структурированной информации проекта. Это позволяет уменьшить дублирование сведений и облегчает включение иммерсивных инструментов в существующие процессы строительной организации.

Серьезные препятствия дальнейшей интеграции связаны не только со стоимостью оборудования. Существенное значение имеют интероперабельность программных платформ, необходимость передачи сложных BIM-моделей на устройства с ограниченными вычислительными ресурсами, устойчивость пространственной регистрации, управление версиями, информационная безопасность и отсутствие унифицированных требований к достоверности результатов иммерсивного контроля. Сохраняются и человекоориентированные ограничения: зрительная утомляемость, киберболезнь, информационная перегрузка интерфейса, ограниченное поле зрения некоторых устройств и необходимость подготовки персонала. Современные исследования дополнительно обращают внимание на когнитивное состояние пользователя. AR-интерфейс, перегруженный обозначениями, подсказками и предупреждениями, способен снижать ситуационную осведомленность вместо ее повышения. В исследованиях 2026 г. в этой связи рассматривается переход к адаптивным системам, учитывающим не только состояние строительной площадки, но и когнитивную нагрузку работника [7]. Поэтому дальнейшее развитие XR целесообразно связывать с контекстно-зависимой визуализацией, при которой объем предоставляемых пользователю данных определяется характером выполняемой операции.

Не менее важен организационный аспект внедрения. Попытка распространить иммерсивные решения одновременно на все процессы повышает стоимость интеграции и затрудняет объективную оценку результата. Более рациональным представляется внедрение, связанное с конкретным производственным сценарием и заранее определенными измеримыми показателями: продолжительностью согласования решений, количеством повторных выездов специалистов, временем поиска оборудования, количеством выявленных до начала монтажа коллизий, продолжительностью обучения или долей замечаний, закрытых без повторного осмотра. При таком подходе технологический эффект отделяется от демонстрационного. Одновременно появляется возможность определить необходимую глубину интеграции. Для проектной сессии может оказаться достаточной периодическая выгрузка актуальной модели, тогда как контроль выполнения работ или эксплуатационное обслуживание требуют устойчивой синхронизации с общей средой данных и однозначной идентификации элементов. Следовательно, универсальная архитектура для всех XR-сценариев представляется нецелесообразной: состав данных, частота их обновления и требования к точности должны определяться той функцией, которую иммерсивная система выполняет в конкретном строительном процессе.

Современную парадигму интеграции иммерсивных технологий в строительной отрасли целесообразно определять как переход к связанному, контекстному и двустороннему взаимодействию человека с цифровым представлением объекта на протяжении его жизненного цикла. В данной системе BIM обеспечивает структурированное описание проектируемого объекта, цифровой двойник отражает его актуальное или динамическое состояние, общая среда данных поддерживает согласованность информации, а XR формирует пространственный канал взаимодействия пользователя с этими сведениями. Практическая ценность подобной архитектуры определяется не степенью визуальной реалистичности виртуальной среды, а возможностью сократить информационный разрыв между проектным решением, фактическим состоянием объекта и действиями участников строительного процесса.

Дальнейшее распространение иммерсивных технологий будет связано с их постепенным переходом из категории специализированных средств визуализации в состав стандартных цифровых рабочих процессов. Наиболее обоснованными представляются сценарии, в которых XR решает конкретную производственную задачу и основывается на актуальных данных: проверка проектных решений, технологическая подготовка, обучение персонала, контроль выполнения работ, фиксация дефектов, техническое обслуживание и удаленная экспертная поддержка. При этом критерием технологической зрелости следует считать не сам факт применения VR-гарнитуры или AR-устройства, а степень включенности получаемой с их помощью информации в общий контур управления объектом. Именно такая интеграция позволяет рассматривать иммерсивные технологии не как эффектное дополнение к цифровому строительству, а как один из инструментов формирования новой среды взаимодействия человека, информационной модели и физического объекта.

Литература

1. Sacks R., Perlman A., Barak R. Construction safety training using immersive virtual reality // *Construction Management and Economics*. — 2013. — Vol. 31, No. 9. — P. 1005–1017. — DOI: 10.1080/01446193.2013.828844.
2. Wang X., Kim M. J., Love P. E. D., Kang S.-C. Augmented Reality in built environment: Classification and implications for future research // *Automation in Construction*. — 2013. — Vol. 32. — P. 1–13. — DOI: 10.1016/j.autcon.2012.11.021.
3. Hilfert T., König M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction // *Visualization in Engineering*. — 2016. — Vol. 4. — Article 2. — DOI: 10.1186/s40327-015-0031-5.
4. Sidani A., Dinis F. M., Duarte J., Sanhudo L., Calvetti D., Baptista J. S., Martins J. P., Soeiro A. Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review // *Journal of Building Engineering*. — 2021. — Vol. 42. — Article 102500. — DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102500.
5. Opoku D.-G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M. Digital twin application in the construction industry: A literature review // *Journal of Building Engineering*. — 2021. — Vol. 40. — Article 102726. — DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102726.
6. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research // *Automation in Construction*. — 2020. — Vol. 114. — Article 103179. — DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103179.
7. Xu Z., Feng Z., Jelodar M. B., Guo B. H. W. Augmented reality applications in construction productivity: A systematic literature review // *Advanced Engineering Informatics*. — 2024. — Vol. 62. — Article 102798. — DOI: 10.1016/j.aei.2024.102798.
8. AlBalkhy W., Karmaoui D., Ducoulombier L., Lafhaj Z., Linner T. Digital twins in the built environment: Definition, applications, and challenges // *Automation in Construction*. — 2024. — Vol. 162. — Article 105368. — DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105368.
9. Saif W., RazaviAlavi S., Kassem M. Construction digital twin: A taxonomy and analysis of the application-technology-data triad // *Automation in Construction*. — 2024. — Vol. 167. — Article 105715. — DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105715.

10. Sornoza-Parrales D., Baque Vera G. O., Parrales Poveda M. L., Macías-Parrales T. M. Evolution and research trends in virtual reality and augmented reality technologies for the architecture, engineering, and construction (AEC) industry: a systematic review and science mapping approach // *Frontiers in Virtual Reality*. — 2025. — Vol. 6. — Article 1725875. — DOI: 10.3389/frvir.2025.1725875.
11. Marinho J., Sá F., Durães J., Fonseca I., Martins N. C. A Systematic Literature Review of Augmented Reality's Development in Construction // *Electronics*. — 2026. — Vol. 15, No. 1. — Article 225. — DOI: 10.3390/electronics15010225.
12. Wang Y., Rezaei A., Hicks S. J. Digital twins in the construction industry: A systematic review of current practices and future directions // *Journal of Information Technology in Construction*. — 2026. — Vol. 31. — P. 149–179. — DOI: 10.36680/j.itcon.2026.007.
13. СП 333.1325800.2020. **Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла**. — М.: Минстрой России, 2020. — Введ. 01.07.2021. Документ действует.
14. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012. **Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений**. — М.: Стандартинформ, 2017. Документ действует.
15. ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018. **Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных**. — М.: Стандартинформ, 2019.
16. ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016. **Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат**. — М.: Стандартинформ, 2019.
17. СП 471.1325800.2019. **Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ**. — М.: Минстрой России, 2019.
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 **«Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов»**. Документ вступил в силу 1 сентября 2024 г. и действует до 1 сентября 2030 г.

The modern paradigm of integrating immersive technologies in the construction industry

Plotnikov S.A., Ovcharenko E.E., Samosudov E.A., Sergeyeva P.S., Nazarova A.A.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the evolving role of immersive technologies in the construction industry and substantiates the shift from their isolated use as 3D visualization tools to their integration into the unified digital environment of a facility's lifecycle. It demonstrates that virtual, augmented, and mixed reality (XR) yield the greatest practical value when integrated with information modeling technologies, digital twins, monitoring systems, and common data environments. The article analyzes the application of XR technologies across the design, construction, and operation stages, as well as the limitations hindering their scalability. It proposes viewing the immersive environment not as a standalone software product, but as a human-machine interface for accessing the facility's up-to-date information model and as a means of feeding data back into the project's digital ecosystem. This approach links the spatial perception of the construction object with management and production processes, laying the foundation for a transition to context-aware digital support for construction.

Keywords: immersive technologies, construction, virtual reality, augmented reality, mixed reality, XR, information modeling, BIM, digital twin.

References

1. Sacks R., Perlman A., Barak R. Construction safety training using immersive virtual reality // *Construction Management and Economics*. — 2013. — Vol. 31, No. 9. — P. 1005–1017. — DOI: 10.1080/01446193.2013.828844.
2. Wang X., Kim M. J., Love P. E. D., Kang S.-C. Augmented Reality in built environment: Classification and implications for future research // *Automation in Construction*. — 2013. — Vol. 32. — P. 1–13. — DOI: 10.1016/j.autcon.2012.11.021.
3. Hilfert T., König M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction // *Visualization in Engineering*. — 2016. — Vol. 4. — Article 2. — DOI: 10.1186/s40327-015-0031-5.
4. Sidani A., Dinis F. M., Duarte J., Sanhudo L., Calvetti D., Baptista J. S., Martins J. P., Soeiro A. Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review // *Journal of Building Engineering*. — 2021. — Vol. 42. — Article 102500. — DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102500.
5. Opoku D.-G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M. Digital twin application in the construction industry: A literature review // *Journal of Building Engineering*. — 2021. — Vol. 40. — Article 102726. — DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102726.
6. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research // *Automation in Construction*. — 2020. — Vol. 114. — Article 103179. — DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103179.
7. Xu Z., Feng Z., Jelodar M. B., Guo B. H. W. Augmented reality applications in construction productivity: A systematic literature review // *Advanced Engineering Informatics*. — 2024. — Vol. 62. — Article 102798. — DOI: 10.1016/j.aei.2024.102798.
8. AlBalkhy W., Karmaoui D., Ducoulombier L., Lafhaj Z., Linner T. Digital twins in the built environment: Definition, applications, and challenges // *Automation in Construction*. — 2024. — Vol. 162. — Article 105368. — DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105368.
9. Saif W., RazaviAlavi S., Kassem M. Construction digital twin: A taxonomy and analysis of the application-technology-data triad // *Automation in Construction*. — 2024. — Vol. 167. — Article 105715. — DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105715.
10. Sornoza-Parrales D., Baque Vera G. O., Parrales Poveda M. L., Macías-Parrales T. M. Evolution and research trends in virtual reality and augmented reality technologies for the architecture, engineering, and construction (AEC) industry: a systematic review and science mapping approach // *Frontiers in Virtual Reality*. — 2025. — Vol. 6. — Article 1725875. — DOI: 10.3389/frvir.2025.1725875.
11. Marinho J., Sá F., Durães J., Fonseca I., Martins N. C. A Systematic Literature Review of Augmented Reality's Development in Construction // *Electronics*. — 2026. — Vol. 15, No. 1. — Article 225. — DOI: 10.3390/electronics15010225.
12. Wang Y., Rezaei A., Hicks S. J. Digital twins in the construction industry: A systematic review of current practices and future directions // *Journal of Information Technology in Construction*. — 2026. — Vol. 31. — P. 149–179. — DOI: 10.36680/j.itcon.2026.007.
13. SP 333.1325800.2020. **Information Modeling in Construction. Rules for the Formation of an Information Model of Facilities at Various Stages of the Life Cycle**. — Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2020. — Effective from July 1, 2021. Currently in force.
14. GOST R 57563-2017/ISO/TS 12911:2012. **Building Information Modeling. Framework for the Development of Building Information Modeling Standards**. — Moscow: Standartinform, 2017. Currently in force.
15. GOST R 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018. **System of Standards for Building Information Modeling. Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing and Management in the Construction Industry. Part 1. Data Schema**. — Moscow: Standartinform, 2019.
16. GOST R 10.0.03-2019/ISO 29481-1:2016. **System of Standards for Building Information Modeling. Building Information Modeling. Information Delivery Manual. Part 1. Methodology and Format**. — Moscow: Standartinform, 2019.
17. SP 471.1325800.2019. **Information Modeling in Construction. Quality Control of Construction Works**. — Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2019.
18. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 614 of May 17, 2024. **"On Approval of the Rules for the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Facility, the Composition of Information, Documents and Materials Included in the Information Model of a Capital Construction Facility and Submitted in the Form of Electronic Documents, and Requirements for the Formats of Such Electronic Documents."** The Resolution entered into force on September 1, 2024 and remains in force until September 1, 2030. [in Russian].

Взаимосвязь развития архитектурной организации инновационных центров в структуре вуза и модели университета

Поляков Андрей Вячеславович
аспирант,

Ивина Мария Сергеевна
кандидат архитектуры, доцент кафедры Архитектурного проектирования, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, m.s.ivina@mail.ru

Рассматривается взаимосвязь эволюции моделей университета и архитектурной организации инновационных центров в структуре высших учебных заведений. Выполнен анализ моделей Университета 1.0, 2.0, 3.0 и 4.0, а также изменения роли высшей школы в системе научно-технологического и социально-экономического развития общества. Особое внимание уделяется предпринимательскому университету и современным моделям цифрового университета, в рамках которых инновационная деятельность становится одной из ключевых функций образовательной организации. Предлагается авторское определение инновационного центра в структуре высшего учебного заведения как архитектурно элемента университетской среды, обеспечивающего интеграцию образовательной, научной и коммерческой деятельности. Рассматриваются особенности общемирового и российского опыта развития университетских инновационных центров, а также их взаимосвязь с развитием университетов и инновационной инфраструктуры. Делается вывод о том, что формирование инновационных центров напрямую зависит от модели университета и уровня интеграции вуза в инновационную экономику.
Ключевые слова: модель университета, инновационный центр в структуре ВУЗа, предпринимательский университет, инновационная инфраструктура, архитектурная организация.

Введение

Историческая эволюция университетов отражает изменения не только в подходах к образованию, но и в характере взаимодействия высшего образования с обществом, экономикой, а также научно-техническим прогрессом. Если ранние университеты служили в первую очередь площадками для накопления и передачи знаний, то в современных условиях университетская среда стала одним из ключевых элементов инновационной экономики. [1]. Это изменение особенно очевидно в архитектурной трансформации университетов, где образовательные пространства постепенно дополняются исследовательскими, предпринимательскими и общественными функциями.

Переход к экономике знаний, цифровизация и рост междисциплинарных исследований привели к значительной трансформации самой модели университета [2]. В современной научной литературе развитие высшего образования рассматривается через призму концепций моделей «Университет 1.0», «Университет 2.0», «Университет 3.0» и «Университет 4.0». Каждая из этих моделей отражает не только изменения в функциях университета, но и трансформацию его организационной структуры. Так, если «Университет 1.0» характеризуется преобладанием закрытых образовательных пространств, а «Университет 2.0» уже отличается открытой структурой и появлением исследовательской функции, то начиная с модели 3.0 университет становится частью инновационной инфраструктуры города и региона [3]. Современный Университет 4.0 представляет собой цифровую сетевую структуру, интегрированную в глобальные инновационные процессы и ориентированную на междисциплинарность, устойчивое развитие и гибкость образовательной среды [4].

Работы Б. Кларка, Г. Эцковица и Л. Лидесдорфа оказали значительное влияние на развитие концепции предпринимательского университета [5–7]. Теория «тройной спирали» рассматривает университет как равноправного участника инновационной системы наряду с государством и бизнесом [8]. Развитие этой модели привело к появлению новых архитектурных объектов в университетской среде: бизнес-инкубаторов, стартап-центров, акселераторов, центров трансфера технологий, фаблабов и центров прототипирования. Создание этих архитектурных объектов с целью стимулирования инноваций в рамках университетской структуры позволяет объединить их под общим архитектурным термином «инновационный центр в структуре высшего учебного заведения».

Развитие инновационных центров в университетах напрямую связано с архитектурной трансформацией вузов и изменениями в функциональной организации образовательной среды. Современные инновационные пространства ориентированы не только на научную и коммерческую деятельность, но и на стимулирование междисциплинарного сотрудничества, продвижение инноваций и взаимодействие с общественностью.

Целью статьи является выявление взаимосвязи между моделями университетов и архитектурной организацией инновационных центров, а также анализ мирового и российского опыта их развития.

Методы, оборудование, материалы

Методологической основой исследования являются сравнительно-исторический, системный и типологический методы анализа. В работе рассматриваются научные публикации, монографии и исследования, посвященные концепциям предпринимательского университета, развитию инновационной инфраструктуры вузов и архитектуре инновационных центров [9–10].

Анализ выполняется по двум направлениям: общемировое развитие инновационных центров при университетах и развитие инновационной инфраструктуры в российских вузах. Особое внимание уделяется зависимости архитектурно-планировочной организации инновационных центров от модели университета.

Основная часть

На ранних этапах развития университетов архитектурная структура вузов была ориентирована преимущественно на образовательную деятельность. Университеты модели 1.0 включали учебные корпуса, библиотеки, аудитории и общежития. Пространственная организация таких объектов была направлена на обеспечение учебного процесса и сохранение академических традиций.

К университетам данной модели можно отнести ранние архитектурные объекты высшего образования, такие как Академия Платона, Ликей Аристотеля, школы Пифагора, Гиппократа в Древней Греции, Римский Атеней, Александрийский Мусейон, Константинопольский Аудиториум в Древнем Риме, также Высшие учебные заведения возникали в Африке, Ближнем востоке, Южной и Южно-восточной Азии, как центры при культовых сооружениях. Европейские университеты в эпоху Средневековья также можно отнести к модели Университет 1.0. Они возникали как закрытые корпоративные сообщества в отдельных городах, таких как Париж, Болонья, Саламанка, Оксфорд и др. Не смотря на наличие исследовательской функции в данных выс-

ших учебных заведениях их нельзя полноценно отнести к модели Университет 2.0, так как исследования носят закрытый характер и имеют ограниченный характер взаимодействия с образовательной функцией.

В XIX веке начинают появляться университеты новой модели «2.0». Это связано с тем, что система высшего образования переживает этап глубоких преобразований, вызванных индустриализацией и изменением общественно-экономических условий. Традиционная модель университета, отличавшаяся закрытостью, корпоративностью и академическим консерватизмом, постепенно перестает соответствовать требованиям стремительно развивающегося промышленного общества. Одновременно происходит изменение самой структуры университета. Высшая школа постепенно становится более открытой системой, в рамках которой усиливается научно-исследовательская функция. Университет начинает рассматриваться не только как образовательный институт, но и как центр генерации новых знаний. Это способствует интеграции науки и образования, развитию лабораторий, исследовательских центров и специализированных институтов, а также формированию новых научных дисциплин [11]. Однако научная деятельность данного периода была преимущественно изолирована от рыночной экономики и предпринимательства. Примерами таких университетов являются Кембриджский университет (Великобритания), Гарвардский университет (США), университет Берлина (Германия), университет Пенсильвании (США), Королевский институт (Великобритания) и другие.

Важным архитектурным новшеством данной модели является открытый характер пространственной организации университета, а также новый подход к проектированию и организации образовательных и исследовательских пространств, среди которых выделяются лаборатории. Некоторые лаборатории начинают объединять с лекционными залами тем самым создавая пространства для практических занятий и совместных исследований со студентами. В свободное от образовательного процесса время данные лаборатории использовались студентами и преподавателями для личных исследований или задач.[12].

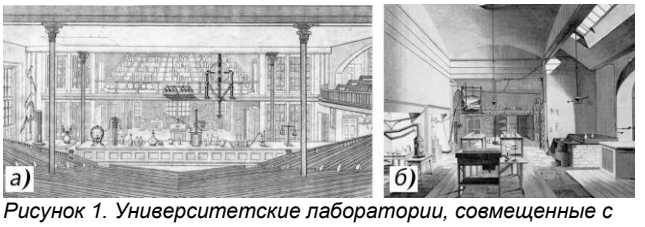


Рисунок 1. Университетские лаборатории, совмещенные с лекционным пространством

а) Лаборатория медицинской школы университета Пенсильвания (США), 1830 г.

б) Лаборатория Королевского института (Великобритания), 1819 г.

Такие лаборатории можно считать прообразом инновационных центров, так как, несмотря на отсутствие упора на инновационную деятельность, они служили площадкой для апробации и практического применения знаний, накормленных университетом, что поспособствовало развитию инновационной деятельности в высших учебных заведениях.

Качественный перелом происходит при формировании модели Университета 3.0. В условиях экономики знаний университет начинает выполнять не только образовательные и исследовательские функции, но и становится полноценным участником инновационной деятельности [13]. Начинается активное взаимодействие образовательных, исследовательских и коммерческих функций отраженное в архитектурно-планировочных решениях университетов. Именно в этот период возникают первые инновационные центры в структуре высшего учебного заведения.

Под инновационным центром в структуре высшего учебного заведения в рамках настоящего исследования предлагается понимать систему помещений, здание или их систему, направленную на организацию инновационной деятельности в структуре вуза посредством развития и применения знаний производимых и накопленных университетом. Важной задачей инновационных центров является интеграция образовательных, научно-исследовательских и коммерческих процессов, а также создание пространства и условий для междисциплинарного взаимодействия и популяризации инновационной деятельности. В связи с развитием университетов и образовательных программ, пространства инновационных центров в их структуре проектируются с учетом возможности трансформации, открытости и интеграции различных функциональных процессов. Архитектурная организация инновационного центра должна обеспечивать взаимодействие студентов, преподавателей, исследователей и представителей бизнеса.

В отличие от технопарка, объединяющего большое количество различных инновационных структур, или технополиса, что является еще большей структурой, инновационный центр является более локальным архитектурным объектом, который может быть сосредоточен на конкретной функции или взаимодействии различных функций в сфере инновационной деятельности. Таким образом бизнес-инкубаторы и стартап центры ориентированы на коммерческое внедрение новаций, центры прототипирования, коллективные мастерские и фаблабы предоставляют современное оборудование для опытного производства, медиа центры, выставочные пространства и консультационные центры осуществляют обучение и информирование в сфере инноваций, а также присутствуют многофункциональные инновационные центры в структуре вуза направленные на активное функциональное и междисциплинарное взаимодействие, что также способствует развитию инновационной деятельности.

Одним из наиболее известных примеров формирования инновационной университетской среды модели 3.0 является Массачусетский технологический институт, вокруг которого сформировалась крупная инновационная экосистема [14]. Особый интерес представляет также архитектурная организация инновационной среды MIT, где пространство фактически становится инструментом стимулирования научной и предпринимательской активности. В отличие от традиционной университетской модели с жестким разделением функций, инновационные объекты MIT ориентированы на постоянное пересечение различных исследовательских и коммуникационных процессов.

Характерным примером инновационного пространства в структуре MIT является MIT Media Lab, где архитектурная концепция Фумихико Маки построена на принципах визуальной прозрачности и пространственной взаимосвязанности. Значительная часть внутренних пространств раскрыта через атриумы, стеклянные перегородки и открытые коммуникационные зоны. Благодаря этому исследовательская деятельность становится визуально доступной для других участников университетской среды. Подобное решение принципиально отличается от традиционной лабораторной модели закрытого типа и способствует формированию среды постоянного междисциплинарного взаимодействия. Важно отметить, что в данном случае архитектура выполняет не только утилитарную функцию размещения исследовательских процессов. Пространственная структура Media Lab становится частью инновационной модели университета, где коммуникация между различными исследовательскими группами рассматривается как самостоятельный фактор генерации новых идей.

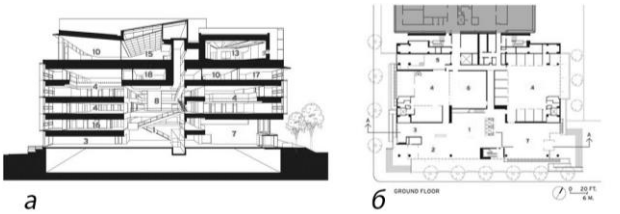


Рисунок 2. Здание MIT Media Lab, архитектор Фумихико Маки, 1985 г.

а) Поперечный разрез здания. б) План первого этажа.

Инновационная инфраструктура Стэнфордского университета формировалась в условиях пространственно-автономного кампуса, что во многом определило особенности его архитектурного развития. В отличие от MIT, интегрированного в плотную городскую среду Бостона и Кембриджа, Стэнфордский университет развивал инновационные пространства как часть расширяющейся кампусной системы.

Особое значение имеет Stanford Research Park, ставший одним из первых примеров пространственного сближения университета и высокотехнологичного бизнеса. Архитектурно исследовательский парк представляет собой систему относительно автономных объектов, объединенных общей инфраструктурой и транспортно-пешеходными связями. Подобная организация позволила создать устойчивую среду постоянного взаимодействия между университетскими исследователями и частными технологическими компаниями.

Примером инновационного центра в данной структуре является Hasso Plattner Institute of Design (d.school) где архитектурная среда ориентирована не на жесткую функциональную специализацию, а на быстрое изменение сценариев использования пространства. Трансформируемые аудитории, мобильная мебель, открытые рабочие зоны и мастерские позволяют адаптировать помещения под различные форматы проектной деятельности. Подобная гибкость становится одной из характерных особенностей инновационных пространств Университета 3.0.

Современный этап развития высшего образования связан с формированием модели Университета 4.0, в которой инновационная деятельность выходит за пределы локальной университетской среды и приобретает выраженный сетевой характер. Существенное влияние на данный процесс оказывают цифровые технологии, развитие дистанционных форм взаимодействия и интеграция университетов в международные исследовательские сети. В архитектурном отношении это приводит к появлению более гибких пространственных структур, сочетающих образовательные, исследовательские, коммерческие, социальные и рекреационные функции. Инновационные центры при этом рассматриваются не только как отдельные здания, но и как элементы единой рассредоточенной инфраструктуры [15].

В архитектурном плане данный этап отражается в высокой степени децентрализации. Университеты активно интегрируются в городскую струк-

туру, создаются отдельные помещения или здания, которые физически не являются частью университета, но входят в его структуру. Также происходит активное сочетание физического и цифрового пространства и активное взаимодействие с другими участниками глобальной информационной сети.

Одним из наиболее характерных примеров развития модели Университета 4.0 является Arizona State University, позиционирующий себя как «New American University». Концепция университета основана на принципах открытости, инклюзивности, междисциплинарности и интеграции цифровых технологий в образовательную и исследовательскую деятельность. В отличие от классической модели предпринимательского университета 3.0, ориентированной преимущественно на коммерциализацию исследований, Университет 4.0 рассматривает инновационную деятельность как распределенную сетевую систему, объединяющую физические и цифровые пространства. Архитектурная организация инновационной инфраструктуры ASU демонстрирует переход от локальных исследовательских центров к формированию комплексной гибридной среды, интегрированной в городскую структуру и цифровую экосистему университета.

Существенное значение в развитии инновационной модели университета имеет SkySong Innovation Center — инновационный комплекс, созданный ASU совместно с частными и государственными партнерами. Комплекс SkySong Innovation Center демонстрирует переход от изолированных исследовательских объектов к открытой многофункциональной структуре, интегрированной в общественную среду города. Существенную роль здесь играют не только лаборатории и офисные пространства, но и развитая система общественных зон: внутренние дворы, открытые площади, рекреационные пространства и коммуникационные узлы.

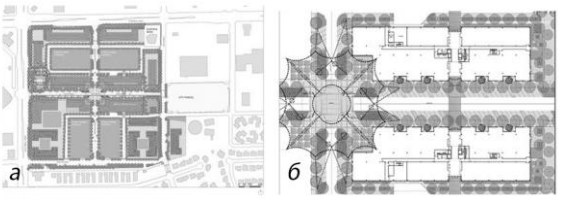


Рисунок 3. SkySong Innovation Center, Arizona State University, FTL Design Engineering Studio, 2008 г.

а) общий план комплекса. б) фрагмент плана центрального пространства.

Для инновационных объектов Университета 4.0 характерна высокая степень цифровой интеграции. Пространство перестает рассматриваться исключительно как физическая среда и начинает функционировать как часть гибридной цифрово-физической инфраструктуры. В ASU значительное внимание уделяется внедрению технологий дистанционного взаимодействия, интеллектуального управления пространством и цифровых платформ коллективной работы. Таким образом, инновационный центр становится одновременно физическим пространством и цифровым интерфейсом взаимодействия участников инновационного процесса.

С точки зрения трансформации университетской среды интерес представляет Minerva University, концепция которого существенно отличается от традиционной модели кампусного университета. Образовательная система Minerva основана на сочетании цифровой платформы обучения и сети распределенных городских пространств, расположенных в различных странах.

Архитектурная модель Minerva демонстрирует принципиально новый подход к организации университетской среды. Университет не обладает единым классическим кампусом в традиционном понимании. Вместо этого формируется система распределенных образовательных и коммуникационных пространств, интегрированных в городскую среду различных стран. Студенты университета последовательно проживают и обучаются в нескольких мировых городах, включая Сан-Франциско, Сеул, Берлин и Буэнос-Айрес.

В рамках подобной модели возрастает значение пространств коллективной работы и коммуникации, обеспечивающих взаимодействие студентов, исследователей и представителей различных профессиональных сфер. Важным требованием к подобным объектам становится возможность их адаптации под изменяющиеся образовательные и исследовательские сценарии.

Развитие инновационных центров в структуре российских университетов имеет собственную специфику. В советский период инновационная деятельность вузов была ограничена научно-исследовательскими лабораториями и отраслевыми институтами. Коммерциализация разработок практически отсутствовала, а взаимодействие науки и производства осуществлялось централизованно.

С начала XXI века российские университеты постепенно переходят к модели Университета 3.0. Значительную роль сыграли государственные программы поддержки инновационной деятельности, создание национальных исследовательских университетов и развитие университетских технопарков. В структуре вузов начали формироваться бизнес-инкубаторы, центры молодежного инновационного творчества, инженерные мастерские и пространства коллективной работы.

Особое значение для развития инновационной инфраструктуры приобрело проектирование современных университетских кампусов. Кампус начинает рассматриваться не только как образовательная среда, но и как инновационная экосистема, объединяющая научные, образовательные, общественные и коммерческие функции.

При этом развитие инновационных центров в российских вузах сталкивается с рядом проблем. Во многих случаях инновационная инфраструктура развивается фрагментарно и не образует единой пространственной системы. Значительная часть инновационных объектов создается путем адаптации существующих зданий, что ограничивает возможности гибкой организации пространства.

Дополнительной проблемой является недостаточная интеграция инновационных центров в городскую среду. В мировой практике инновационные пространства университетов часто становятся частью городской общественной инфраструктуры и выполняют функцию коммуникационных центров. В России подобная интеграция пока реализуется ограниченно. Инновационные центры при высших учебных заведениях в России чаще всего представлены центрами коллективного пользования или центрами прототипирования, которые по большей части являются закрытой системой, ориентированной на деятельность внутри вуза, что препятствует полноценной интеграции образовательной, научной, коммерческой и социальной деятельности.

Тем не менее в последние годы наблюдается активное развитие инновационной инфраструктуры российских вузов. Современные инновационные центры российских университетов все чаще проектируются как гибкие междисциплинарные пространства, способные адаптироваться к быстро изменяющимся требованиям инновационной экономики. Важную роль начинают играть цифровые технологии, общественные пространства и гибридные форматы взаимодействия, что соответствует современным инновационным центрам, создаваемым при университетах модели 4.0.

Одним из наиболее развитых примеров инновационной инфраструктуры является университет ИТМО, который формирует распределенную инновационную экосистему, включающую исследовательские лаборатории, фаблабы, бизнес-инкубаторы, акселераторы и пространства коллективной работы. Существенное значение в архитектурной структуре университета имеет система гибридных инновационных пространств, ориентированных на постоянное взаимодействие студентов, исследователей и представителей бизнеса.

Характерным примером инновационного центра ИТМО является Фаблаб ИТМО. В архитектурном отношении Фаблаб ИТМО демонстрирует переход от традиционной модели специализированной лаборатории к формированию гибкой производственно-коммуникационной среды, соответствующей принципам Университета 4.0. Пространственная организация инновационного центра основана на концепции открытой мастерской, обеспечивающей возможность постоянного взаимодействия студентов, преподавателей, исследователей и представителей технологического сообщества. В структуре центра объединяются зоны цифрового производства, пространства коллективной работы, инженерные мастерские, участки прототипирования, лекционные пространства и коммуникационные зоны. В отличие от традиционных университетских лабораторий, ориентированных преимущественно на закрытую исследовательскую деятельность, FabLab функционирует как открытая инновационная платформа.

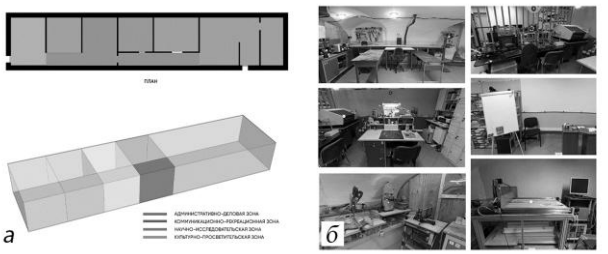


Рисунок 4. Инновационный центр Фаблаб ИТМО, Россия, Санкт-Петербуре, 2015 г.

а) Объемно-пространственная структура фаблаба. б) Фотографии интерьера.

Другим показательным примером современной инновационной инфраструктуры российского университета является Башня Политех в структуре Санкт-Петербургского Политехнического университета. Данный объект представляет собой инновационно-коммуникационный центр, ориентированный на интеграцию образовательной, научной и предпринимательской деятельности университета.В структуре «Башни Политех» размещаются пространства коллективной работы, конференц-зоны, стартап-площадки, исследовательские лаборатории, образовательные аудитории и общественные пространства. Существенное значение имеет организация вертикальных коммуникаций и общественных зон, обеспечивающих постоянное пересечение различных потоков пользователей. В данном случае архитектура становится инструментом стимулирования коммуникации и междисциплинарного взаимодействия.

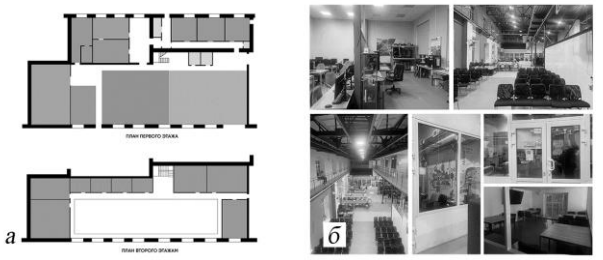


Рисунок 5. Инновационный центр Башня Политех, Россия, Санкт-Петербург, 2013 г.

а) План первого и второго этажа. б) Фотографии интерьера.

Выводы

Архитектурная организация инновационных центров непосредственно связана с изменением функций университета в различные исторические периоды. Трансформация моделей высшего образования отражается не только в образовательных и научных процессах, но и в характере университетской среды и типологии инновационных пространств.

Для университетов ранних этапов развития было характерно преобладание замкнутых учебных пространств, ориентированных преимущественно на образовательную функцию. Усиление исследовательской составляющей в модели Университета 2.0 привело к формированию лабораторной инфраструктуры и специализированных научных пространств. Качественное изменение происходит при переходе к модели Университета 3.0, где инновационная и предпринимательская деятельность становятся самостоятельными направлениями функционирования высшей школы. Именно в этот период формируются современные типы инновационных центров: бизнес-инкубаторы, фаблабы, акселераторы, центры прототипирования и междисциплинарные исследовательские пространства.

На современном этапе развития Университета 4.0 инновационные центры становятся частью гибридной цифрово-физической инфраструктуры. Их архитектура все в большей степени ориентируется на открытость, гибкость, междисциплинарное взаимодействие и интеграцию в городскую и цифровую среду.

В России уровень развития инновационных центров в структуре высших учебных заведений отстает от общемировой практики, что связано с относительно недавним переходом университетов к моделям 3.0 и 4.0. Развитие инновационной инфраструктуры вузов России требует перехода от фрагментарных решений к формированию целостных университетских инновационных экосистем, органично интегрированных в структуру города и цифровую среду. Данной цели способствует выявление архитектурной типологии инновационных центров в структуре ВУЗа, а также выявление основных архитектурно-планировочных принципов проектирования подобных объектов.

Литература

1. Кларк Б.Р. Создание предпринимательских университетов: организационные направления трансформации. М.: Изд. дом ВШЭ, 2011. 240 с.
2. Чудиновских М.В. Трансформация высшего образования в условиях цифровой экономики // Развитие системы непрерывного образования в условиях индустрии 4.0. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 242-246.
3. Шершнева Е.Г. Особенности инновационно-предпринимательской инфраструктуры вуза в контексте модели "Университет 3.0"// Вестник сургутского государственного педагогического университета. 2024. № 4 (91). С. 116-125.
4. Маякова А.В., Каменский Е.Г., Огурцова А.Ю., Гусейнов М.А. Университет 4.0: на пути к новому поколению модели высшего образования // Российское общество сегодня: ценности, институты, процессы. Материалы Всероссийской научной конференции. 2023. С. 848-850.
5. Clark B.R. The entrepreneurial university: Demand and response// Tertiary Education and Management. 1998. Vol. 4. Pp. 5–16.
6. Etzkowitz H. Innovation in innovation: the triple helix of university-industry-government relations // Social Science Information. 2003. Vol. 42. No. 3. Pp. 293–337.
7. Leydesdorff L., Etzkowitz H. The Triple Helix as a model for innovation studies // Science and Public Policy. 1998. Vol. 25. No. 3. Pp. 195–203.
8. Ranga M., Etzkowitz H. Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society // Industry and Higher Education. 2013. Vol. 27. No. 3. Pp. 237–262.
9. Почтовая А.В. Инновационный центр в структуре университетского кампуса. Вопросы архитектурного проектирования // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 2. С. 88-94.
10. Guerrero M., Urbano D. The Development of an Entrepreneurial University // Journal of Technology Transfer. 2012. Vol. 37. No. 1. Pp. 43–74.
11. Попов А.В. Архитектура вузов (история, современное состояние, особенности проектирования) : монография. — М. : Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2024. — 256 с.
12. Peter J. T. Morris. The history of chemical laboratories: a thematic approach. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8218977/pdf/40828_2021_Article_146.pdf (дата обращения: 10.05.2026)
13. Abreu M., Grinevich V. The entrepreneurial university: strategies, processes, and competing goals // The Journal of Technology Transfer. 2024. Vol. 49. Pp. 1991–2034.
14. Etzkowitz H. Triple Helix Clusters: Boundary Permeability at University—Industry—Government Interfaces as a Regional Innovation Strategy// Environment and Planning C: Government and Policy. 2012. Vol. 30. No. 5. Pp. 766–779.
15. Taylor M. The entrepreneurial university in the twenty-first century // London Review of Education. 2012. Vol. 10. No. 3. Pp. 289–305.

Relationship between the Development of the Architectural Organization of Innovation Centers within the University Structure and the University Model

Polyakov A.Vy., Sergeevna I.M.

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the relationship between the evolution of university models and the architectural organization of innovation centers within higher education institutions. University 1.0, 2.0, 3.0, and 4.0 models are analyzed, along with changes in the role of higher education in the scientific, technological, and socio-economic development of society. Particular attention is paid to the entrepreneurial university and contemporary digital university models, in which innovation becomes one of the key functions of an educational institution. The author proposes a definition of an innovation center within a higher education institution as an architectural element of the university environment that integrates educational, research, and commercial activities. The article considers international and Russian experience in the development of university innovation centers and their relationship with the development of universities and innovation infrastructure. It is concluded that the formation of innovation centers directly depends on the university model and the degree to which the university is integrated into the innovation economy.

Keywords: university model, innovation center within a higher education institution, entrepreneurial university, innovation infrastructure, architectural organization.

References

1. Clark B.R. Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation [Sozdanie predprinimatel'skikh universitetov: organizatsionnye napravleniya transformatsii]. Moscow: HSE Publishing House, 2011. 240 p. (rus)
2. Chudinovskikh M.V. Transformation of higher education in the digital economy [Transformatsiya vysshego obrazovaniya v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki] // Development of the Continuing Education System in the Context of Industry 4.0. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2019. Pp. 242-246. (rus)
3. Shershneva E.G. Features of the innovative and entrepreneurial infrastructure of a university in the context of the "University 3.0" model [Osobennosti innovatsionno-predprinimatel'skoy infrastruktury vuza v kontekste modeli "Universitet 3.0"] // Bulletin of Surgut State Pedagogical University. 2024. No. 4 (91). Pp. 116-125. (rus)
4. Mayakova A.V., Kamensky E.G., Ogurtsova A.Yu., Guseynov M.A. University 4.0: towards a new generation of the higher education model [Universitet 4.0: na puti k novomu pokoleniyu modeli vysshego obrazovaniya] // Russian Society Today: Values, Institutions, Processes. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference. 2023. Pp. 848-850. (rus)
5. Clark B.R. The entrepreneurial university: Demand and response // Tertiary Education and Management. 1998. Vol. 4. Pp. 5-16.
6. Etzkowitz H. Innovation in innovation: the triple helix of university-industry-government relations // Social Science Information. 2003. Vol. 42. No. 3. Pp. 293-337.
7. Leydesdorff L., Etzkowitz H. The Triple Helix as a model for innovation studies // Science and Public Policy. 1998. Vol. 25. No. 3. Pp. 195-203.
8. Ranga M., Etzkowitz H. Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society // Industry and Higher Education. 2013. Vol. 27. No. 3. Pp. 237-262.
9. Pochtovaya A.V. Innovation center within the structure of a university campus. Issues of architectural design [Innovatsionnyy tsentr v strukture universitetskogo kampusa. Voprosy arkhitekturnogo proektirovaniya] // Academia. Architecture and Construction. 2026. No. 2. Pp. 88-94. (rus)
10. Guerrero M., Urbano D. The Development of an Entrepreneurial University // Journal of Technology Transfer. 2012. Vol. 37. No. 1. Pp. 43-74.
11. Popov A.V. Architecture of Higher Education Institutions (History, Current State, Design Features): Monograph [Arkhitektura vuzov (istoriya, sovremennoe sostoyanie, osobennosti proektirovaniya): monografiya]. Moscow: INFRA-M Research and Publishing Center, 2024. 256 p. (rus)
12. Morris P.J.T. The history of chemical laboratories: a thematic approach. [Electronic resource]. System requirements: Adobe Acrobat Reader. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8218977/pdf/40828_2021_Article_146.pdf (date of access: 10.05.2026).
13. Abreu M., Grinevich V. The entrepreneurial university: strategies, processes, and competing goals // The Journal of Technology Transfer. 2024. Vol. 49. Pp. 1991-2034.
14. Etzkowitz H. Triple Helix Clusters: Boundary Permeability at University-Industry-Government Interfaces as a Regional Innovation Strategy // Environment and Planning C: Government and Policy. 2012. Vol. 30. No. 5. Pp. 766-779.
15. Taylor M. The entrepreneurial university in the twenty-first century // London Review of Education. 2012. Vol. 10. No. 3. Pp. 289-305.

Историческая преемственность в культуре российского управления (по материалам архитектуры и строительства)

Пиляк Сергей Александрович
доктор философских наук, кандидат архитектуры, доцент Национального исследовательского университета «МЭИ», s.pilyak@mail.ru,

Пономарёва Марина Витальевна
Руководитель Центра Развития Предпринимательской Среды «ЦРПС»; руководитель научной группы по прогностической модели в Лаборатории национальной модели управления Мастерской управления «Сенеж», proekt-gps@mail.ru

Исследование посвящено анализу преемственности управленческих приемов и нормативных актов в российской практике. На основании рассмотрения исторических данных и их анализа как примеров осуществления сделан вывод о том, что российская практика базируется на преемственности, сохранении принятых и апробированных на протяжении столетий подходов, при условии локальной изменяемости отдельных элементов управления и их наименований. Полученные выводы охватывают преимущественно сферу управления развитием архитектурной среды и организации строительства.
Ключевые слова: менеджмент, традиция, управленческая практика, архитектура, историческая память.

На современном этапе историческое прошлое в России получает заметное переосмысление, становясь фундаментом для осознанного движения в будущее. Основной закон государства [4] и ряд актов стратегического планирования [5-6] обращают особое внимание на историческое наследие, трактуя его не только в качестве совокупности ценных для общества объектов, представляющих безусловно сохраняемые артефакты. Важной и во многом новационной трактовкой является понимание наследия как используемого в повседневности предмета или явления, подчеркивающего преемственность поколений.

Несомненно, что к подобным артефактам могут и должны относиться и характерные для российской культуры приемы и методики управления. Своеобразным девизом исследования стала преамбула к Городовому положению Екатерины Великой. Утвержденное императрицей Городовое положение 1785 года содержит знаменательный эпиграф: «мы и тут не имеем нужды искать примеров чуждых но заимствуя оные из собственных деяний Отечества нашего» [1, № 16188]. Ориентация на собственный опыт, в том числе в сфере управленческих методик и организационных структур, оказывающихся результативными в российских условиях, невозможны без внимательного отношения к наследию.

Важнейшим качеством работы руководителя является определение оптимального управленческого решения, которое даст максимально нужный результат и при этом снизит транзакционные издержки. Опираясь на собственную и внешнюю экспертизу, аналитические данные, опыт, руководитель сужает круг возможных решений до удобного для анализа числа, а затем – совершает итоговый выбор решения, в дальнейшем реализуемый.

В зависимости от решаемой задачи перед руководителем могут возникать ответственные решения, послед реализации в ряде случаев влияющие на национальные или региональные интересы на годы вперед. На современном этапе руководители нередко апеллируют к опыту сравнительно недавнего времени и решениям, принятым буквально несколько лет назад. В случае зрелости и значительного опыта руководителя дистанция увеличивается на пару десятилетий. При этом исторический опыт, связанный с процессами, проходившими за несколько поколений до настоящего момента, практически не учитываются. Возможность разделить ответственность с предшественниками и опереться на их опыт нарочито избегается современными управленцами. Из-за этого часто управленцы попадают в эффект колеи [10], делая те же ошибки, которые делали их предшественники. При этом исследование опыта предшественников позволяет сделать управление более осознанным и эффективным.

В рамках нашего исследования мы обратимся к практике использования управленческого опыта, на нескольких примерах, выведем общие закономерности, сформируем рекомендации, способные принести эффект на современном этапе. Задача исследования состоит в формировании перечня из нескольких российских примеров способных выступить материалами для обобщения и аргументами тезиса о преемственности управленческих решении в развитии архитектурно-строительной сферы.

Россия как государство-цивилизация базируется на достижениях прошедших эпох. Это преимущество выделяет нашу страну из числа мировых держав, зачастую лишенных подобной возможности. При этом актуализация наследия не влечет обязательной стагнации и ретроспективизма в выборе моделей и решений. Практика первых государственных строительств ориентировалась на управленческие модели, обеспечивающие концентрацию ресурсов и капитала на достижение результата. Обратимся к рассмотрению примеров в хронологическом порядке.

Масштаб российской территории стал, несомненно, одним из условий весьма раннего для мировой практики появления органов отраслевого управления. В условиях небольшой территории основным субъектом управления могут быть высшие должностные лица регионов. Передача всей полноты прав и обязанностей на территории, однако, влечет риск распада государства. Реализация единой государственной политики в определенной сфере при условии отсутствия обособленного центра, разрабатывающего управленческие решения, организующего и координирующего их реализацию, в условиях обширности российской территории, невозможно.

Следовательно, формирование системы отраслевого управления, сложившейся при Иване Грозном, представляется важной вехой не только для истории России, но и для формирования управленческих методик. Структурированием управляемого объекта по виду деятельности мы пользуемся и на современном этапе, как в масштабах страны, так в рамках деятельности и отдельных предприятий и учреждений. Важное место в структуре органов власти занял Приказ каменных дел [10]: «огромный масштаб государственного крепостного строительства, развернувшегося в XVI в. не только в столице, но и на периферии, настоятельная необходимость централизации руководства этим строительством – все это вынуждает правительство создать в 1585 г. специальное строительное учреждение – Приказ каменных дел» [9, с. 58].

Во второй половине XVII века Приказ претерпевает несколько реорганизаций, завершившихся в 1700 году ликвидацией Приказа каменных дел.

Результат деятельности Приказа при этом не был абсолютным. К преимущественному использованию негорючих материалов в строительстве Россия пришла уже в середине XX века. Тем не менее, опыт Приказа каменных дел и стремление к повторению его успехов привели к созданию Каменного приказа в 1775 году. Как отмечает А.Г. Смирнова, анализируя инструменты государственного управления в данной сфере в XVIII веке, «первым специальным проектно-строительным учреждением в Москве, созданным для реализации первой комплексной градостроительной программы - генерального плана 1775 г., стал Каменный приказ (1775-1782 гг.)» [13]. Это учреждение было призвано, в первую очередь, обеспечить развитие каменного строительства непосредственно в Москве. Таким образом была проведена своеобразная реставрация органа власти с усеченными территориально задачами.

На рубеже XVI-XVII веков Россия столкнулась с дефицитом представителей строительной профессии. В условиях массового распространения деревянных сооружений, сохраняющегося в России вплоть до начала XX века, специалисты, имеющие навыки изготовления кирпича, заготовки и обработки камня, а также кладки стен из этих материалов на растворе, являлись редкими по определению. Развитие каменного строительства являлось важной задачей государства, начиная с XVI века. К примеру, для развития каменного строительства в 1633 году особо было указано «… которые люди похотят ставить палаты каменные, и тем людям от Государя … будет милостивое слово» [8, № 92].

Управленческим методом стала концентрация имеющихся сил на отдельных стройках. К примеру, в марте 1653 года была произведена рассылка грамот воеводам: «взять к Москве, к нашим к каменным и кирпичным делам с посадов и из-за монастырей и вольных людей каменщиков и кирпичников, и горшечников, и их детей, и братьев, и племянников, которые умеют каменное и кирпичное дело делать» [7, л. 1-3]. Благодаря строительным проектам в России появилась практика трудовой мобилизации, основой которой стало использование методики сбора военного ополчения.

Мы одновременно должны заметить, что формирование любого, в том числе трудового ополчения в стране, имеющей беспрецедентную территорию, представляет не только масштабный, но и невероятно сложный в реализации процесс. Преодоление огромных расстояний, при условии единой координации фаз строительного сезона, могло быть реализовано как исключительное мероприятие. Масштаб трудовой мобилизации в России XVI-XVII веков способен поразить даже нашего современника. Уже сам факт того, что для обеспечения строительного процесса государственных инфраструктурных процессов был создан отдельный орган государственной власти – Приказ каменных дел, уже способен продемонстрировать масштаб и ответственный характер управляемых процессов. В данном случае одним из ключевых подходов, несомненно, является создание, апробация системного решения, дополненного особой управляемой структурой. Необходимые дополнительные ресурсы, прозрачность достигаемых целей и последовательная управляемость привели в конечном счете к успешной реализации ряда масштабных процессов, осуществленных в кратчайшие сроки.

Отметим, что использование трудового ополчения и в настоящее время является одним из наиболее часто используемых приемов в управленческой практике. Этот прием позволяет обеспечить концентрацию трудовых ресурсов на избранном направлении. Одним из наиболее ранних известных свидетельств использования этого приема является строительство Смоленской крепостной стены [11-12]. Затем прием неоднократно использовался вплоть до формирования системы студенческих трудовых отрядов.

Содержательная синхронность актов Российской империи и Советской России является особой темой, требующей внимательного рассмотрения, однако даже при поверхностном анализе видны принципиальная их преемственность и содержательное единство. Одно из основополагающих для отечественной архитектуры правительственных постановлений – Постановление Центрального комитета КПСС и Совета Министров СССР от 4 ноября 1955 года № 1871 «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» – является наиболее известным документом, на десятилетия вперед навесившим на классическую архитектуру ярлык затратного и нецелесообразного явления, а также во многом существенно изменившее судьбы упомянутых в нем архитекторов.

В преамбуле Постановления указано, что «в работах многих архитекторов и проектных организаций получила широкое распространение внешне показная сторона архитектуры, изобилующая большими излишествами, что не соответствует линии Партии и Правительства» [3]. В соответствии с Постановлением органы власти в сфере архитектуры и строительства, архитекторы и проектировщики были обязаны «вести повседневную непримиримую борьбу с проявлениями формализма в архитектуре и с излишествами в проектировании и строительстве» [3].

Обращаясь к обозначенной нами проблематике, отметим, что, несмотря на кажущийся революционным характер нормативного акта, этот документ органично развивает положения, содержащиеся в имперском Строительном уставе. Каждая губернская строительная и дорожная комиссия, как отмечено в Строительном уставе 1881 года, «ответствует, чтобы проекты на возведение зданий и сооружений удовлетворяли всем правилам архитектуры и строительного искусства; чтобы в проектах не было никаких излишеств или недостатков» [2, Ст. 67]. Таким образом аргументируется тезис о том, что управленческая терминология середины XX века базируется на достижениях предыдущего столетия.

В статье проанализирован небольшой ряд примеров. Однако немногочисленные факты, характеризующие развитие архитектурно-строительной сферы, иллюстрируют преемственность и единую связность прошлого и настоящего в определении перспектив в будущем. Как мы можем заключить, лишь в нашем, весьма скромном обзоре, обращение к наследию управленческой практики, по предварительному заключению, превалируют над формированием принципиально новых управленческих решений, что позволяет осмыслить исторический эффект колеи и способствует улучшению управленческих решений. Но при этом необходимо отметить, что в целом данная ситуация связана с неизменностью принципиально нерешенных проблем, и, следствие, однородностью принимаемых решений. Необходимо отметить, что в принципе решение данных проблем, пусть и столетия спустя их принципиального осмысления, были решены. Следовательно, принятые решения оказались результативными. Подобные практики обращения к наследию управленческих решений доказали свою результативность. Результатом проведенного исследования может считаться общая рекомендация обращения к опыту прошлого и для решения проблем настоящего.

Литература

1. Полное собрание законов Российской империи. - СПб., 1830. Т. 22. № 16188.
2. Устав строительный Российской Империи. – СПб: Типография придв. книгопр. К.К.Регтера, 1881 г. – 428 с.
3. Постановление Центрального комитета КПСС и Совета Министров СССР от 4 ноября 1955 года № 1871 «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве»
4. Конституция Российской Федерации : [принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01 июля 2020 г.] // Официальный интернет–портал правовой информации. – URL: http://www.pravo.gov.ru (дата обращения: 31.10.2020).
5. Указ Президента РФ от 09.11.2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей».
6. Указ Президента Российской Федерации от 08.05.2024 г. № 314 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области исторического просвещения».
7. РГАДА. Ф. 396. Оп. 1. Ч. 4. Д. 4953.
8. Акты исторические, собранные и изданные Археографической комиссией. - СПб. : Тип. Экспедиции заготовления государственных бумаг, 1841-1872. - Загл. тит. л. Дополнений : Дополнения к актам историческим, собранные и изданные Археографической коммиссией. - Тип. т. 2-5 : Тип. 2-го Отд-ния Собств. е. и. в. канцелярии. Т. 3 : 1613-1645. - 1841. - 525 с.
9. Всеобщая история архитектуры в 12 томах / Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, Научно-исследовательский институт теории, истории и перспективных проблем советской архитектуры. Л.; Москва: Изд-во литературы по строительству, 1966–1977. Т. 6: Архитектура России, Украины и Белоруссии. XIV — первая половина XIX вв. / Под ред. П. Н. Максимова (отв. ред.), - Л.; М., 1968. - 568 с.
10. Институциональная экономика: учебник / под ред. А. А. Аузана; Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. – Москва: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2022. – URL: https://books.econ.msu.ru/ (дата обращения: 15.09.2026). – Текст: электронный.
11. Пиляк С.А. Управление проектом в позднем средневековье (на примере строительства Смоленской крепостной стены) / С. А. Пиляк // Менеджмент. Экономика. Информатика (М.Э.И.). – 2026. – Т. 2, № 1. - С. 35-52. DOI 10.24160/3033-6333-2026-2-1-35-52. EDN VIQKOV.
12. Пиляк С.А. Соборность в русской архитектуре (на примере Смоленской крепостной стены) // Двадцать четвертый Славянский научный собор «Урал. Православие. Культура». Соборность русской культуры: от духовных истоков к ценностям и смыслам современности : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / сост. И. Н. Морозова ; Челяб. гос. ин-т культуры.— Челябинск : Челяб. гос. ин-т культуры, 2026. - С. 223-226.
13. Смирнова А. Г. Градостроительство и органы московского городского управления, 60-е гг. XVIII в. - 30-е гг. XIX в. : диссертация ... кандидата исторических наук : 07.00.02. - Москва, 2002. - 345 с.

Historical Continuity in the Culture of Russian Management (Based on Evidence from Architecture and Construction)

Pilyak S.A., Ponomareva M.V.

National Research University "MPEI"; Center for the Development of the Entrepreneurial Environment (CRPS); Laboratory for the National Management Model at the "Senezh" Management Workshop

JEL classification: L61, L74, R53

This study analyzes the continuity of management techniques and regulatory frameworks within Russian practice. By examining historical data—viewed as concrete instances of implementation—the authors conclude that Russian practice is rooted in continuity, preserving approaches that have been adopted and tested over centuries, even while allowing for localized modifications to specific management elements and their terminology. The findings primarily pertain to the management of architectural environment development and the organization of construction.

Keywords: management, tradition, management practice, architecture, historical memory.

References

1. Complete Collection of Laws of the Russian Empire. – St. Petersburg, 1830. Vol. 22. No. 16188.
2. Building Charter of the Russian Empire. – St. Petersburg: Printing House of Court Bookseller K. K. Regter, 1881. – 428 p.

3. Resolution of the Central Committee of the CPSU and the Council of Ministers of the USSR dated November 4, 1955, No. 1871, "On the Elimination of Excesses in Design and Construction."
4. Constitution of the Russian Federation: [adopted by popular vote on December 12, 1993, with amendments approved during the all-Russian vote on July 1, 2020] // Official Internet Portal of Legal Information. – URL: http://www.pravo.gov.ru (accessed: October 31, 2020).
5. Decree of the President of the Russian Federation dated November 9, 2022, No. 809, "On Approval of the Foundations of State Policy for the Preservation and Strengthening of Traditional Russian Spiritual and Moral Values."
6. Decree of the President of the Russian Federation dated May 8, 2024, No. 314, "On Approval of the Foundations of State Policy of the Russian Federation in the Field of Historical Education."
7. RGADA (Russian State Archive of Ancient Acts). Fond 396. Inventory 1. Part 4. File 4953.
8. Historical Acts, Collected and Published by the Archaeographic Commission. – St. Petersburg: Printing House of the Expedition for the Preparation of State Papers, 1841–1872. Additions: Additions to Historical Acts, collected and published by the Archaeographic Commission. — Vols. 2–5: Printing House of the Second Section of His Imperial Majesty's Own Chancellery. Vol. 3: 1613–1645. — 1841. — 525 p.
9. General History of Architecture in 12 volumes / State Committee for Civil Construction and Architecture under Gosstroy of the USSR, Research Institute for the Theory, History, and Prospective Problems of Soviet Architecture. Leningrad; Moscow: Publishing House for Construction Literature, 1966–1977. Vol. 6: Architecture of Russia, Ukraine, and Belarus. 14th — first half of the 19th centuries / Ed. by P. N. Maksimov (editor-in-chief). — Leningrad; Moscow, 1968. — 568 p.
10. Institutional Economics: A Textbook / Ed. by A. A. Auzan; Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University. — Moscow: Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 2022. — URL: https://books.econ.msu.ru/ (accessed: 15.09.2026). — Text: electronic.
11. Pilyak S. A. Project Management in the Late Middle Ages (A Case Study of the Construction of the Smolensk Fortress Wall) / S. A. Pilyak // Management. Economics. Informatics (M.E.I.). — 2026. — Vol. 2, No. 1. — pp. 35–52. DOI 10.24160/3033-6333-2026-2-1-35-52. EDN VIQKOV.
12. Pilyak S. A. *Sobornost* (Spiritual Communality) in Russian Architecture (A Case Study of the Smolensk Fortress Wall). In: *The Twenty-Fourth Slavic Scientific Council "Urals. Orthodoxy. Culture." — Sobornost in Russian Culture: From Spiritual Origins to Contemporary Values and Meanings: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*, compiled by I. N. Morozova. Chelyabinsk: Chelyabinsk State Institute of Culture, 2026, pp. 223–226.
13. Smirnova A. G. *Urban Planning and the Municipal Administrative Bodies of Moscow (1760s–1830s)*. Dissertation for the degree of Candidate of Historical Sciences, specialty 07.00.02. Moscow, 2002. 345 p.

Влияние биологической среды на физико-механические характеристики пористых асфальтобетонов

Самаров Александр Сергеевич
аспирант, кафедра строительных материалов и технологий архитектурно-строительного факультета, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, samar0304@yandex.ru,

Леснов Виталий Викторович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных материалов и технологий, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

Рассмотрено влияние биологической среды на физико-механические свойства пористых асфальтобетонов. Исследованы образцы различных составов после выдерживания в среде мицелиальных грибов в течение 1, 3 и 6 месяцев. Оценивались твердость, модуль деформации, прочность, водонасыщение и водостойкость материалов. Для определения промежуточных значений твердости выполнена линейная интерполяция экспериментальных данных. Установлено, что характер изменения свойств при биологическом воздействии зависит от состава и структуры асфальтобетона. Полученные результаты позволяют проводить сравнительную оценку биостойкости пористых асфальтобетонов и определять составы, наиболее устойчивые к длительному воздействию биологической среды.
Ключевые слова: пористый асфальтобетон, физико-механические свойства, биостойкость, твердость, модуль деформации, мицелиальные грибы, пористость, долговечность.

Введение

Автомобильные покрытия в процессе эксплуатации подвергаются воздействию механических, температурно-влажностных, химических и биологических факторов. Циклические транспортные нагрузки вызывают накопление повреждений, развитие микротрещин и последующее формирование макротрещин. Температурные колебания и воздействие влаги изменяют структуру и свойства асфальтобетона, снижая его способность воспринимать эксплуатационные нагрузки [1–3].

При движении автомобилей в покрытии возникают растягивающие и сжимающие напряжения. Их многократное воздействие сопровождается накоплением остаточных деформаций и повреждений. Трещинообразование может развиваться как от поверхности покрытия вглубь, так и в обратном направлении; характер процесса определяется уровнем контактных давлений, состоянием основания, жесткостью материала и степенью его старения [2, 5].

Таким образом, для дорожных композиционных материалов важны не только показатели прочности, но и деформационная устойчивость. Материал, обладающий достаточной прочностью, может преждевременно разрушаться при недостаточной способности сопротивляться деформациям и циклическим нагрузкам [14, 15].

Отдельное значение имеет воздействие биологических факторов. Микроорганизмы, в том числе бактерии и мицелиальные грибы, способны развиваться на поверхности строительных материалов и участвовать в процессах их биодеградации. Воздействие биологической среды усиливается при наличии влаги и загрязнений, создающих благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов [4].

Пористые асфальтобетоны характеризуются повышенной остаточной пористостью, обеспечивающей улучшенный отвод воды и воздуха. Согласно ГОСТ 9128-2013, для пористых и высокопористых асфальтобетонов нормируются, в частности, предел прочности при сжатии, водостойкость, водостойкость при длительном водонасыщении и водонасыщение. Для высокопористых асфальтобетонов водонасыщение устанавливается в диапазоне свыше 10 до 18 % по объему.

Вместе с тем развитая поровая структура может способствовать удержанию влаги и тем самым создавать условия для развития микроорганизмов. Поэтому оценка биологической стойкости должна рассматриваться совместно с анализом физико-механических характеристик материала.

Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в оценке изменения физико-механических характеристик пористых асфальтобетонов под воздействием биологической среды и определении составов, наиболее устойчивых к такому воздействию.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

выявить основные физико-механические и биологические факторы, влияющие на разрушение асфальтобетонных покрытий;

обосновать метод оценки биостойкости по изменению свойств материала;

исследовать изменение твердости и модуля деформации образцов различных составов после выдерживания в среде мицелиальных грибов;

провести линейную интерполяцию экспериментальных данных;

определить наиболее устойчивые составы по изменению физико-механических характеристик при длительном воздействии биологической среды.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на образцах пористых асфальтобетонов различных составов. Для оценки влияния состава на физико-механические характеристики варьировали содержание нефтяного битума и состав минеральной части. Исследуемые смеси включали природный песок, отсев дробления, минеральный порошок, муку, стеклобой, битум БНД 60/90 и полимерно-битумное вяжущее.

Физико-механические характеристики определяли по общепринятым методикам. Исследовались средняя плотность уплотненного материала, водонасыщение, предел прочности при сжатии при температурах 0, 20 и 50 °С, водостойкость и длительная водостойкость.

Для оценки устойчивости к биологическому воздействию образцы подвергались выдерживанию в среде мицелиальных грибов. Контрольные образцы сравнивались с образцами после выдерживания в течение 1, 3 и 6 месяцев. Основным показателем для последующего анализа была выбрана твердость поверхности. Дополнительно оценивался модуль деформации.

Выбор твердости в качестве контролируемого показателя обусловлен ее взаимосвязью с деформационными характеристиками материала. Стабильность твердости и модуля деформации при воздействии агрессивной среды может рассматриваться как один из признаков сохранения эксплуатационных свойств асфальтобетона.

Для определения промежуточных значений показателей применялось линейное интерполирование экспериментальных данных с шагом один месяц. Такой подход позволил получить расчетные значения характеристик для

промежуточных сроков выдерживания и выполнить сопоставление исследуемых составов.

Составы асфальтобетонных смесей

Для исследования были сформированы несколько групп составов. В составах № 1, 2, 7 и 8 использовался природный песок в количестве 87 %, при этом в первых двух составах применялся минеральный порошок, а в составах № 7 и 8 — мука. Содержание битума БНД 60/90 составляло соответственно 12, 8, 8 и 12 % сверх 100 % минеральной части.

Во второй группе (составы № 9, 10, 15 и 16) содержание природного песка также составляло 87 %. Для составов № 9 и 10 использовался минеральный порошок, а для № 15 и 16 — стеклобой. В составах № 9 и 10 применялось полимерно-битумное вяжущее, а в составах № 15 и 16 — битум БНД 60/90.

Для составов № 17–20 типа Г использовалась комбинация природного песка, отсева дробления и стеклобоя. В составах № 17 и 18 содержание природного песка составляло 60 %, отсева дробления — 34 %, стеклобоя — 6 %. В составах № 19 и 20 доля природного песка составляла 25 %, отсева дробления — 69 %, стеклобоя — 6 %. Содержание битума БНД 60/90 составляло от 6 до 10 % сверх 100 % минеральной части.

Различное содержание битума и различия в составе минеральной части позволили оценить влияние структуры асфальтобетона на изменение его свойств при воздействии биологической среды.

Таблица 1
Содержание компонентов в асфальтобетонных смесях

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %			
	Состав №1	Состав №2	Состав №7	Состав №8
	Тип А			
Природный песок	87	87	87	87
Отсев дробления	–	–	–	–
Минеральный порошок	13	13	–	–
Мука	–	–	13	13
Стеклобой	–	–	–	–
Битум БНД 60/90,сверх 100%	12	8	8	12
ПБВ, сверх 100 %	–	–	–	–

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %			
	Состав №9	Состав №10	Состав №15	Состав №16
	Тип А			
Природный песок	87	87	87	87
Отсев дробления	–	–	–	–
Минеральный порошок	13	13	–	–
Мука	–	–	–	–
Стеклобой	–	–	13	13
Битум БНД 60/90,сверх 100%	–	–	8	12
ПБВ, сверх 100 %	8	12	–	–

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %			
	Состав №17	Состав №18	Состав №19	Состав №20
	Тип Г		Type G	
Природный песок Naturalsand	60	60	25	25
Отсев дробления	34	34	69	69
Минеральный порошок	–	–	–	–
Мука	–	–	–	–
Стеклобой	6	6	6	6
Битум БНД 60/90,сверх 100%	10	6	6	10
ПБВ, сверх 100 %	–	–	–	–

Физико-механические свойства исследуемых составов

Результаты определения физико-механических характеристик представлены в таблице 2. Анализ проводился по показателям средней плотности, водонасыщения, прочности при сжатии при различных температурах, водостойкости и длительной водостойкости.

Таблица 2
Физико-механические свойства полученных составов асфальтобетонной смеси

Физико-механич. Св-ва	Состав №1	Состав №2	Состав №19	Состав №12	Состав №15	Состав №16	Состав №7	Состав №8	Состав №9	Состав №10	Состав №20	Состав №17	Состав №18
Средняя плотность уплотненного материала, г/см³	2,07	2,15	2,19	2,19	2,26	2,15	2,31	2,36	2,33	1,98	2,03	2,21	2,13
Водонасыщение, % по объему	12	6	0,75	8,65	3,01	12,4	9,3	0,1	4,7	16	10,3	13,4	13,4
Предел прочности при сжатии, *t*=50°C, МПа	0,95	1,04	0,86	1,46	1,82	0,62	2,32	2,74	2,23	0,57	0,73	1,48	1,45
Предел прочности при сжатии, *t*=20°C, МПа	2,15	3,81	2,73	4,19	4,53	2,77	6,35	7,11	7,4	2,16	2,8	3,64	2,84
Предел прочности При сжатии, *t*=0°C, Мпа	6,38	5,92	5,57	7,43	8	5,14	9,49	10,69	11,3	3,4	4,3	5,77	4,92
Водостойкость	1,38	0,83	1,01	0,93	1,02	1,03	0,88	1,03	0,74	0,88	1,12	0,79	1,05
Длительная Водостойкость	0,71	1,12	0,75	0,44	0,73	–	–	–	–	–	–	–	–

Полученные данные показывают существенное различие физико-механических характеристик исследованных составов. Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С изменяется от 2,15 МПа для состава № 1 до 7,4 МПа для состава № 9. При температуре 0 °С максимальное значение прочности также зафиксировано для состава № 9 — 11,3 МПа.

При температуре 50 °С наиболее высокую прочность имеет состав № 8 — 2,74 МПа, несколько ниже показатели составов № 7 и № 9 — 2,32 и 2,23 МПа соответственно. Минимальное значение — 0,57 МПа — получено для состава № 10.

Водонасыщение исследуемых составов изменяется в широком диапазоне. Наименьшее значение получено для состава № 8 — 0,1 %, а наибольшее — для состава № 10 — 16 %. Для сравнения, действующий ГОСТ 9128-2013 устанавливает для высокопористых асфальтобетонов водонасыщение свыше 10 до 18 % по объему.

Таким образом, состав материала оказывает существенное влияние на сочетание прочностных и водных характеристик. Увеличение пористости и изменение минеральной части могут сопровождаться снижением прочности, однако одновременно обеспечивают необходимые для пористых материалов свойства водоотвода.

Изменение свойств асфальтобетонов в биологической среде

Для оценки влияния биологической среды исследовалось изменение твердости поверхности и модуля деформации образцов. Контрольные значения сопоставлялись с характеристиками после выдерживания в биосреде.

Продолжительность воздействия составляла 1, 3 и 6 месяцев. Такой период позволил оценить не только начальную реакцию материала, но и изменение его свойств при относительно длительном воздействии.

Таблица 3
Твердость асфальтобетонных составов до и после экспонирования в биосреде

№№ Составов	Твердость, МПа				Модуль деформации, Мпа				Примечание
	Контрольный состав	Продолжительность выдерживания в биосреде, мес			Контрольный состав	Продолжительность выдерживания в биосреде, мес			
		1 месяц				1 месяц			
2	0,33	0,48			0,15	0,27			Высокопористая песчаная асфальтобетонная смесь
7	0,05	0,14			0,01	0,05			
9	0,05	0,44			0,01	0,24			
15	0,57	1,09			0,34	0,89			
1	0,05	0,44			0,01	0,24			
16	0,05	6,66			0,01	16,04			
10	0,05	0,15			0,01	0,06			
18	1,09	1,34			0,99	1,53			
17	0,37	11,77			0,23	32,7			
20	0,05	6,76			0,01	18,6			
19	4,32	4,03			7,96	6,63			

Представленные результаты показывают, что реакция различных составов на воздействие биологической среды неодинакова. В одних случаях наблюдается увеличение твердости и модуля деформации, в других — снижение показателей. Это свидетельствует о зависимости характера изменения свойств не только от продолжительности воздействия, но и от состава и структуры асфальтобетона.

Наиболее выраженное увеличение показателей после первого месяца наблюдается для составов № 17, 16 и 20. Для состава № 17 твердость увеличилась с 0,37 до 11,77 МПа, а модуль деформации — с 0,23 до 32,7 МПа. Для состава № 20 соответствующие значения составили 0,05 и 6,76 МПа по твердости и 0,01 и 18,6 МПа по модулю деформации.

Для состава № 19, напротив, отмечено снижение твердости с 4,32 до 4,03 МПа и модуля деформации с 7,96 до 6,63 МПа. Данный состав характеризуется наиболее высокими исходными значениями среди исследованных образцов.

Интерполяция экспериментальных данных

Для более детальной оценки изменения твердости была выполнена линейная интерполяция экспериментальных данных с шагом один месяц. Метод позволил определить расчетные значения показателя в промежуточные сроки между экспериментальными точками.

Поскольку одинаковая процедура интерполяции применялась ко всем исследуемым составам, возникающую при этом погрешность можно рассматривать как общую методическую составляющую сравнения.

Таблица 4

Твердость асфальтобетонных составов типа Г до и после экспонирования в биосреде

Тестовые составы	Контрольные составы	Расчетное время экспонирования в биосреде, мес					
	0, мес	1	2	3	4		
	Твердость, МПа						
Состав 1	1,48	0,61	0,985	1,36	1,44		
Состав 8	0,84	0,45	0,505	0,56	0,48		
Состав 10	1,48	0,8	1,48	2,16	2,3633		
Состав 16	1,27	1,44	1,135	0,83	1,07		
Состав 20	0,28	0,62	0,615	0,61	0,53333		

Интерполированные данные позволяют проследить динамику изменения твердости в течение периода экспонирования. Для состава № 1 после первоначального снижения наблюдается постепенное увеличение показателя. У состава № 8 значения остаются относительно стабильными и не демонстрируют выраженного роста.

Для состава № 10 после снижения на первом месяце наблюдается последовательное увеличение твердости, причем к четвертому месяцу расчетное значение достигает 2,3633 МПа. Для состава № 16 после первоначального увеличения показателя наблюдается его снижение с последующим частичным восстановлением.

Состав № 20 характеризуется небольшим увеличением твердости после первого месяца и последующим постепенным снижением. Полученные различия подтверждают неодинаковую реакцию асфальтобетонов различного состава на воздействие биологической среды.

Интерполированные значения могут быть использованы для построения зависимостей «твердость — продолжительность экспонирования» и сравнительной оценки исследуемых составов.

Выводы

Анализ результатов исследования позволяет сформулировать следующие выводы.

Эксплуатационные свойства асфальтобетонов определяются совокупным воздействием механических, температурно-влажностных, химических и биологических факторов. Их совместное действие приводит к изменению структуры материала, накоплению повреждений и снижению долговечности покрытия.

Состав и структура пористого асфальтобетона существенно влияют на его физико-механические характеристики. Исследованные составы отличаются по плотности, водонасыщению, прочности при различных температурах и водостойкости. Наибольшая прочность при сжатии при 20 °С получена для состава № 9 — 7,4 МПа, а при 0 °С — также для состава № 9 — 11,3 МПа.

Воздействие биологической среды приводит к неодинаковому изменению твердости и модуля деформации различных составов. Для ряда образцов наблюдалось увеличение контролируемых показателей, тогда как для состава № 19 зафиксировано их снижение. Это указывает на существенную роль состава и структуры материала в формировании его устойчивости к биологическому воздействию.

Линейная интерполяция позволяет получить расчетные значения твердости в промежуточные сроки экспонирования и использовать их для построения зависимостей изменения свойств от продолжительности воздействия биологической среды.

Наиболее выраженная реакция на биологическое воздействие отмечена для составов № 17, 16 и 20, для которых после первого месяца наблюдалось существенное увеличение твердости и модуля деформации. Вместе с тем окончательная оценка долговременной биостойкости должна основываться на сопоставлении результатов за весь установленный период испытаний.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает необходимость комплексной оценки пористых асфальтобетонов с учетом как традиционных физико-механических характеристик, так и устойчивости к биологическому воздействию. Предложенный подход с использованием контроля твердости и модуля деформации, а также интерполяции экспериментальных данных может применяться для сравнительной оценки составов, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности и биологической активности.

Литература

1. Александров, А. С. Обобщающая модель пластического деформирования дискретных материалов дорожных конструкций при воздействии циклических нагрузок / А. С. Александров // Строительные материалы. — 2016. — № 5. — С. 27–30. — URL: Научная библиотека КиберЛенинка (дата обращения: 19.09.2026).
2. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона–Мора / А. С. Александров, А. Л. Калинин // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 7 (59). — С. 4–17. — DOI: 10.5862/MCE.59.1. — URL: Научная база КиберЛенинка (дата обращения: 19.09.2026).
3. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 2. Модифицированные модели расчета главных и касательных напряжений / А. С. Александров, Г. В. Долгих, А. Л. Калинин // Инженерно-строительный журнал. — 2016. — № 2 (62). — С. 51–68. — EDN WMUULT
4. Ерофеев, В. Т. Исследования механизмов повреждения битумных композитов в условиях воздействия биологически агрессивных сред / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. П. Пронькин // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 2 (часть 13). — С. 2787–2791. — URL: Официальный сайт журнала «Фундаментальные исследования» (дата обращения: 19.09.2026).
5. Каримов, Б. Б. Дорожно-климатическое районирование Таджикистана/ Б. Б. Каримов, Т. А. Расулов // Наука и техника в дорожной отрасли.-2018.-№3(85).- С. 28-31.
6. Методика определения физико-механических свойств полимерных композитов путем внедрения конусообразного индентора. — Таллин : НИИ Госстроя Эстонской ССР, 1983. — 28 с. — URL: Каталог Эстонской национальной библиотеки (ESTER) (дата обращения: 19.09.2026).
7. **Yashnov, A. N.** Experimental determination of stress-strain state of asphalt pavement on metal bridges / A. N. Yashnov, S. Yu. Polyakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. — 2018. — № 3 (39). — С. 93–106. — URL: Научная электронная библиотека eLIBRARY (дата обращения: 19.09.2026).
8. Расулов, Т. А. Учет нарастающих осевых нагрузок при проектировании конструкций дорожных одежд в условиях Республики Таджикистан / Т. А. Расулов, Л. С. Исмоилзоды // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2018. - №1(52). - С.80-89.
9. Erofeev, V. The Effectiveness of Materials Different with Regard to Increasing the Durability / V. Erofeev, A. Dergunova, A. Piksaikina [et al.] // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 73. — Art. 04021. — DOI: 10.1051/matecconf/20167304021. — EDN WVWJSH..
10. Richard, B. Continuum damage mechanics based model for quasi brittle materials subjected to cyclic loadings: Formulation, numerical implementation and applications / B. Richard, F. Ragueneau // Engineering Fracture Mechanics. — 2013. — Vol. 98, No. 1. — P. 383–406. — DOI: 10.1016/j.engfracmech.2012.11.013. — URL: Издательская платформа ScienceDirect (дата обращения: 19.09.2026).
11. Travush, V. I. Destruction of powder-activated concrete with fixation of destruction by a laser interferometer / V. I. Travush, N. I. Karpenko, V. T. Erofeev [et al.] // Magazine of Civil Engineering. — 2020. — No. 3 (95). — Pp. 42–48. — EDN NAGBTE.
12. Thomas, C. Polymeric and cementitious mortars for the reconstruction of natural stone structures exposed to marine environments / C. Thomas, I. Lombillo, J. A. Polanco [et al.] // Composites Part B: Engineering. — 2011. — Vol. 42, No. 4. — Pp. 663–672. — DOI: 10.1016/j.compositesb.2010.08.007. — URL: База данных ScienceDirect (дата обращения: 19.09.2026).
13. Weerheijm, J. Tensile failure of concrete at high loading rates: New test data on strength and fracture energy from instrumented spalling tests / J. Weerheijm, J. C. A. M. Van Doormaal // International Journal of Impact Engineering. — 2007. — Vol. 34, No. 3. — P. 609–626. — DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2006.01.005. — URL: Портал ScienceDirect (дата обращения: 19.09.2026).
14. Yashnov, A. N. Experimental determination of stress-strain state of asphalt pavement on metal bridges / A. N. Yashnov, S. Yu. Polyakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. — 2018. — № 3 (39). — С. 93–106. — URL: Научная электронная библиотека eLIBRARY (дата обращения: 19.09.2026).
15. Zhang, Q. Analysis of the chemical mechanism of precipitation effects on asphalt binder / Q. Zhang, X. R. Meng, W. Yan // Journal of Xi'an University of Architecture and Technology. — 2010. — Vol. 42, No. 5. — Pp. 669–673. — URL: Китайская национальная инфраструктура знаний (CNKI) (дата обращения: 19.09.2026).

Physical-mechanical properties and biological resistance of porous asphalt concretes

Samarov A.S., Lesnov V.V.

National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev

The influence of a biological environment on the physical and mechanical properties of porous asphalt concrete is examined. Samples of various compositions were studied after exposure to a filamentous fungal environment for 1, 3, and 6 months. The hardness, deformation modulus, strength, water saturation, and water resistance of the materials were evaluated. Linear interpolation of the experimental data was performed to determine intermediate hardness values. It was established that the nature of property changes under biological exposure depends on the composition and structure of the asphalt concrete. The obtained results allow for a comparative assessment of the biological stability of porous asphalt concrete and the identification of compositions most resistant to long-term exposure to a biological environment.

Keywords: porous asphalt concrete, physical and mechanical properties, biological stability, hardness, deformation modulus, filamentous fungi, porosity, durability.

References

1. Alexandrov, A. S. A generalizing model of plastic deformation of discrete materials of road structures under the influence of cyclic loads / A. S. Alexandrov // Building materials. - 2016. — No. 5. — pp. 27-30. — URL: CyberLeninka Scientific Library (accessed: 09/19/2026).
2. Alexandrov, A. S. Improving the calculation of road structures for shear resistance. Part 1. Consideration of deformations in the condition of Coulomb–Mohr plasticity / A. S. Alexandrov, A. L. Kalinin // Engineering and Construction Magazine. — 2015. — № 7 (59). — Pp. 4-17. — DOI: 10.5862/MCE.59.1. — URL: CyberLeninka Scientific Database (accessed: 09/19/2026).
3. Alexandrov, A. S. Improving the calculation of road structures for shear resistance. Part 2. Modified models for calculating principal and tangential stresses / A. S. Alexandrov, G. V. Dolgikh, A. L. Kalinin // Engineering and Construction Magazine. — 2016. — № 2 (62). — Pp. 51-68. — EDN WMUULT
4. Erofeev V. T., Bogatov A.D., Pronkin S. P. Studies of mechanisms of damage to bitumen composites under the influence of biologically aggressive media // Fundamental research. — 2015. — No. 2 (part 13). — pp. 2787-2791. — URL: The official website of the journal "Fundamental Research" (accessed: 09/19/2026).
5. Karimov, B. B. Road and climatic zoning of Tajikistan/ B. B. Karimov, T. A. Rasulov // Science and technology in the road industry.-2018.-№3(85).- Pp. 28-31.
6. A method for determining the physico-mechanical properties of polymer composites by introducing a cone-shaped indenter. — Tallinn : Research Institute of State Construction of the Estonian SSR, 1983. — 28 p. — URL: Catalog of the Estonian National Library (ESTER) (accessed: 09/19/2026).
7. Yashnov, A. N. Experimental determination of stress-strain state of asphalt pavement on metal bridges / A. N. Yashnov, S. Yu. Polyakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. — 2018. — № 3 (39). — Pp. 93-106. — URL: Scientific electronic Library eLibrary (accessed: 09/19/2026).
8. Rasulov, T. A. Accounting for increasing axial loads in the design of road clothing structures in the conditions of the Republic of Tajikistan / T. A. Rasulov, L. S. Ismoilzody // Bulletin of the Moscow Automobile and Highway State Technical University (MADI). - 2018. - №1(52). - Pp.80-89.
9. Erofeev, V. The Effectiveness of Materials Different with Regard to Increasing the Durability / V. Erofeev, A. Dergunova, A. Piksaikina [et al.] // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 73. — Art. 04021. — DOI: 10.1051/matecconf/20167304021. — EDN WVWJSH..
10. Richard, B. Continuum damage mechanics based model for quasi brittle materials subjected to cyclic loads: Formulation, numerical implementation and applications / B. Richard, F. Ragueneau // Engineering Fracture Mechanics. — 2013. — Vol. 98, No. 1. — P. 383-406. — DOI: 10.1016/J.engfracmech.2012.11.013. — URL: ScienceDirect publishing Platform (accessed: 09/19/2026).
11. Travush, V. I. Destruction of powder-activated concrete with fixation of destruction by a laser interferometer / V. I. Travush, N. I. Karpenko, V. T. Erofeev [et al.] // Magazine of Civil Engineering. — 2020. — No. 3 (95). — Pp. 42–48. — EDN NAGBTE.
12. Thomas, C. Polymeric and cementitious mortars for the reconstruction of natural stone structures exposed to marine environments / C. Thomas, I. Lombillo, J. A. Polanco [et al.] // Composites Part B: Engineering. — 2011. — Vol. 42, No. 4. — Pp. 663-672. — DOI: 10.1016/j.compositesb.2010.08.007. — URL: ScienceDirect database (accessed: 09/19/2026).
13. Weerheijm, J. Tensile failure of concrete at high loading rates: New test data on strength and fracture energy from instrumented spalling tests / J. Weerheijm, J. C. A. M. Van Doormaal // International Journal of Impact Engineering. — 2007. — Vol. 34, No. 3. — P. 609-626. — DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2006.01.005. — URL: ScienceDirect portal (accessed: 09/19/2026).
14. Yashnov, A. N. Experimental determination of stress-strain state of asphalt pavement on metal bridges / A. N. Yashnov, S. Yu. Polyakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. — 2018. — № 3 (39). — Pp. 93-106. — URL: Scientific electronic library eLibrary (date of request: 09/19/2026).
15. Zhang, Q. Analysis of the chemical mechanism of precipitation effects on asphalt binder / Q. Zhang, X. R. Meng, W. Yan // Journal of Xi'an University of Architecture and Technology. — 2010. — Vol. 42, No. 5. — Pp. 669-673. — URL: China National Knowledge Infrastructure (CNKI) (accessed: 09/19/2026).

Анализ транспортных узлов агломерации в Новосибирске и Новосибирской области

Силкин Андрей Владимирович
соискатель, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, silkin.av.25@gmail.com

Статья посвящена современному состоянию системы транспортных узлов Новосибирской агломерации, представляющей собой крупнейший транспортный комплекс Сибирского федерального округа. Представлен анализ структуры и функциональных особенностей основных транспортных узлов, которые связывают областной центр и муниципальные районы. Рассмотрены текущие результаты и перспективы интеграции различных видов транспорта в агломерации: железнодорожного, автомобильного и городского. Дана оценка ключевым проблемам координации транспортных потоков, определена ведущая стратегия транспортной инфраструктуры, учитывающая специфику и динамику развития региона. Определена роль районных центров области, участвующих в системе обеспечения транспортной доступности, регулируемом и нерегулируемом трафике. Проведен отбор подходов к оптимизации транспортной системы в агломерации с учетом параметров социально-экономической динамики в регионе. Результаты исследования могут рассматриваться как вклад в разработку региональных программ развития инфраструктуры в области транспортного планирования с целью поддержания качества жизни жителей.
Ключевые слова: транспортный узел, Новосибирская агломерация, транспортная доступность, региональные перевозки, транспортное планирование.

Введение

Новосибирская агломерация имеет особую значимость для транспортной системы России, это ключевой распределительный центр Сибирского региона. Территориальная организация области, ее протяженность и неравномерность размещения производительных сил, требует сложной системы транспортного взаимодействия центра и периферии. Актуальность изучения параметров транспортно-пересадочных узлов агломерации объясняется их ролью в пространственной связности территорий и координации движения пассажирского транспорта. Со сменой системы расселения, ростом маятниковых миграций и спросом на пригородное сообщение пересматриваются критерии эффективности транспортных узлов. Новосибирская область – это полицентрическая структура с сетью районных центров, каждый из них представляет собой локальный транспортный узел. Среда территорий организована как многоуровневая система транспортно-пересадочных узлов, тем важнее рационально ее планировать и модернизировать.

В геополитическом аспекте Новосибирск, центр Сибирского федерального округа, также межрегиональный транспортный центр и региональный узел. Экономическая, социальная, инвестиционная активность концентрируется в областном центре, тем важнее оценить удовлетворенность уровнем пригородных перевозок, распределить нагрузку на инфраструктуру, обновить парки транспортных средств и железнодорожные переходы, решить кадровую проблему и нарастить темпы строительства и ремонта дорожного хозяйства. В контексте субурбанизации и переоценки перспектив пригородных территорий как драйверов развития появляется необходимость в новых транспортно-пересадочных узлах, и адаптации уже существующих, чтобы удовлетворить потребности в них жителей развивающейся агломерации.

Цель работы – в проведении комплексного анализа существующих транспортно-пересадочных узлов агломерационного типа в Новосибирской области и определении перспектив их развития.

Методология исследования

Результаты исследования получены с помощью системного анализа транспортно-пересадочных узлов как элементов транспортной системы агломерации, методами функционального зонирования и оценки качества транспортной связности территории. С использованием инструментов иерархического анализа сформирована классификация узлов по уровням обслуживания. Для изучения эффективности транспортных узлов региона применены методы сравнительного анализа.

Функциональная структура и территориальное размещение транспортно-пересадочных узлов

Территориальная организация транспортно-пересадочных узлов Новосибирской агломерации строится по радиально-кольцевому принципу, с областным центром и расходящейся системой связей с районными центрами. Иерархия узлов сформирована с учетом административного статуса населенных пунктов и уровнем интенсивности пассажиропотоков между ними [1].

Как высший в иерархии узлов системы рассматривается Новосибирский железнодорожный вокзал. Благодаря ему осуществляется интеграция дальних, пригородных и городских пассажирских перевозок. Вокзал находится в центре города, что повышает связность городской транспортной сети. Месторасположение объекта требует решения проблемы с повышенной нагрузкой на центральные районы. Пригородным железнодорожным сообщением охвачены основные направления движения в области: Искитимское, Черепановское, Татарское. Особенность железнодорожного узла заключается в его специализации: вокзал обслуживает пассажирские потоки как своей агломерации, так и соседних. Тем важнее оценить возможности и категории пассажирских перевозок. В последние годы пригородные направления активно электрифицируются, электропоезда обслуживают разнообразные маршруты. При этом существует проблема пересечения грузового потока с пассажирским, что негативно отражается на общей пропускной способности этого участка.

В автовокзальном комплексе Новосибирска имеются станции, которые специализируются на различных направлениях областных перевозок. На участке главного автовокзала концентрируются междугородние и отдельные пригородные направления, тогда как предназначение дополнительных автостанций – обслуживать конкретные территориальные маршруты. Такой подход призван децентрализовать автобусное сообщение, но на практике порождает иную проблему: затруднения при необходимости делать пересадки в пути. Пригородное автобусное сообщение рассматривается как дополнение к железнодорожной сети, которая не охватывает ряд населенных пунктов. Маршрутные такси особенно распространены в ближайших пригородах Новосибирска, на остальных участках их плотность, как и потребность в них, ниже. Несмотря на дискуссии о необходимости частного транспорта малой вместимости, эти перевозчики по отдельным направлениям успешно справляются с текущим пассажиропотоком [2].

Районным центрам области приданы функции узлов второго иерархического уровня, на них возложено локальное транспортное обслуживание. Так,

Искитим, Бердск, Обь и ряд иных крупных населенных пунктов имеют развитую инфраструктуру с железнодорожными станциями и автовокзалами. Их обязанность – обслуживать транзитные потоки, направляющиеся в Новосибирск, и участвовать в местных перевозках в районах.

Районные транспортные узлы участвуют в процессе обеспечения пересадок на дальних и местных маршрутах, различными транспортными средствами. Бердск, являющийся крупнейшим городом-спутником Новосибирска, также располагает развитым транспортом, предоставляет возможность связи с областным центром по железной дороге или автобусами. Железнодорожная станция Бердск универсальна по своему характеру, принимает как пригородные электропоезда, так и отдельные поезда дальнего следования. Искитим – юго-западный транспортный узел, его задача – связывать районы угледобычи и переработки. В транспортной инфраструктуре города имеется железнодорожная станция на линии Новосибирск-Барнаул с автовокзалом, она отвечает за увеличение пропускной способности местных и транзитных маршрутов. То есть, данный узел сочетает пассажирские и грузовые функции, потребность в такой интеграции объясняется промышленной специализацией территории [3].

В городских транспортных узлах развитие инфраструктуры и качество транспортного обслуживания неравномерно. Для развитых узлов предусмотрены вокзалы с системой оповещения о транспортных услугах. На участке менее крупного узла располагается простой остановочный комплекс с базовым набором сервиса. В пространственном аспекте организация транспортно-пересадочных узлов демонстрирует историческую эволюцию формирования сети и планировки населенных пунктов. В районных центрах, как правило, находятся вокзалы еще советского времени, строящиеся сегодня транспортные объекты, напротив, вынесены на периферию населенного пункта. Любой транспортный узел предназначен решать проблему спада и подъема пассажиропотоков в тот или иной сезон. Летом фиксируется прирост дачных и рекреационных поездок, это повышает нагрузку на пригородный транспорт. Зимой важно соблюдение правил эксплуатации, техническое обеспечение, проведение ремонтных работ с целью повышения качества пассажирского сервиса. Стоит подчеркнуть, что общественный транспорт должен сохранять для жителей одно из главных своих преимуществ: скорость в часы пик, когда частные автомобили могут попасть в заторы.

Таблица 1
Характеристика ключевых транспортно-пересадочных узлов Новосибирской агломерации

Узел	Иерархический уровень	Обслуживаемые виды транспорта	Территориальный охват	Интенсивность использования
ЖД вокзал Новосибирск	Региональный	Электропоезда, поезда дальнего следования, городской транспорт	Вся область, межрегиональные связи	Очень высокая
Главный автовокзал Новосибирска	Региональный	Междугородние автобусы, пригородные маршруты	Области Сибири, районы области	Высокая
ЖД станция Бердск	Локальный	Пригородные электропоезда, городской транспорт	Южные районы агломерации	Средняя
Автовокзал Искитима	Районный	Пригородные и межрайонные автобусы	Искитимский район, соседние территории	Средняя
Транспортный узел Оби	Локальный	Пригородные поезда, автобусы, городской транспорт	Западные пригороды	Низкая

Анализ функционирования транспортно-пересадочных узлов агломерации подтверждает, что транспортные потоки в Новосибирске регулируются централизованно, при этом в районных центрах отмечаются проблемы с транспортным сообщением. Региональные узлы областного центра заняты основной долей пассажиропотоков агломерации, периферийные – помогают в распределении локальных потоков.

Проблемы развития и перспективные направления совершенствования транспортных узлов

В ходе анализа состояния транспортно-пересадочных узлов Новосибирской агломерации выявлено противоречие между растущими потребностями в обслуживании и возможностями инфраструктуры. Действительно, наблюдается диспропорция развития центральных и периферийных элементов системы. Более развиты узлы областного центра, ввиду того, что активность движения на этом участке высока, однако это приводит к снижению качества межрайонной связи. Новосибирский железнодорожный вокзал сталкивается с проблемой превышения проектной пропускной способности в часы пик для пригородного сообщения [4]. Необходимо решить вопросы с движением по общим путям пригородных электропоездов и грузовых и пассажирских поездов дальнего следования, чтобы преодолеть технологические барьеры и исключить задержки, нарушающие регулярность сообщения. Кроме того, изношена путевая инфраструктура, объекты которой построены преимущественно в середине XX века, то есть, не в состоянии справиться с современными объемами и характером перевозок, возросшей мобильностью жителей. Тем важнее продумать увеличение длины маршрутов, и закупку новых составов.

Летом перечисленные проблемы только усугубляются, в связи с добавлением к регулярным пригородным потокам значительных по интенсивности дачных перевозок, и рисками технических неисправностей. Нехватка составов электропоездов и ограниченность возможностей их оборота на конечных станциях приводят к ситуации, когда электрички переполнены, падает качество обслуживания пассажиров. Дефицит компенсируется запуском дополнительных рейсов и автобусными перевозками, однако у автодорожной сети в пригородах пропускная способность ниже [5].

Функционально организация автовокзального комплекса Новосибирска демонстрирует территориальную разобщенность его объектов, это осложняет для пассажиров поездки с пересадками. В настоящее время отсутствует единый диспетчерский центр координации автобусных перевозок, нередки ситуации активизации перевозок на прибыльных направлениях, тогда как социальные маршруты остаются без транспорта. Конкуренция перевозчиков, при отсутствии гибкого государственного регулирования, часто только снижает качество услуг и приводит к проблемам с движением по графику.

Проблемы транспортных узлов в районах объясняются их промежуточным положением в иерархии системы. Бердск, хотя и имеет статус второго по величине города области, оснащен транспортной инфраструктурой, однако ее недостаточно, чтобы доставить в Новосибирск и населенные пункты на пути к городу всех желающих. У железнодорожной станции в городе слабо развита инфраструктура ожидания пассажиров, что особенно недопустимо в зимний сезон. Автобусное сообщение между Бердском и Новосибирском проходит по единственной автодороге, поэтому на ее участках типичны заторы, а это значит, что пассажиры в переполненном транспорте прибудут в пункт назначения с опозданием.

Искитим, еще один центр промышленности, также не справляется с обслуживанием смешанных пассажиропотоков, среди которых – как люди, трудоустроенные в Новосибирске, так и местные жители. Транспортная инфраструктура города создана в условиях концепции плановой экономики и с трудом адаптируется к функционированию транспортного рынка, мобильности жителей. Содержание автовокзала и привокзальной инфраструктуры также недофинансируется, поэтому качество транспортного сервиса снижается, как и в целом отношение жителей к общественному транспорту. Малые районные центры области, напротив, находятся в условиях, близких к транспортной изоляции. Это объясняется сокращением нерентабельных маршрутов, особенно зимой, и ухудшением состояния автодорожной инфраструктуры. Либерализация транспортного рынка приводит к концентрации перевозчиков на маршрутах, которые приносят больше прибыли, тогда как социально значимые маршруты на отдаленные территории закрываются. Безусловно, на ситуации отражаются специфические демографические процессы, отток населения из сельских районов и малых городов области [7].

Технологические аспекты работы транспортных узлов отстают от современных стандартов организации пассажирских перевозок. Отсутствие интегрированных систем продажи билетов осложняет планирование комбинированных поездок на различных видах транспорта. Остается актуальной проблема с информированием пассажиров, зачастую отсутствует оперативное оповещение о задержках и изменениях в графике движения. Системы навигации в крупных узлах не соответствуют потребностям приезжих пассажиров, для которых сложна специфика организации городской транспортной инфраструктуры.

Таким образом, развитие транспортно-пересадочных узлов агломерации невозможно без реализации принципов комплексного подхода к модернизации системы. Приоритетное направление – реконструкция железнодорожной инфраструктуры Новосибирского узла, чтобы выделить специализированные пути для пригородного движения и построить дополнительные платформы для обслуживания электропоездов. Этот проект требует значительных капитальных вложений, однако они оправдают себя повышением проходимости узла и качества обслуживания населения.

Создание интегрированного транспортно-пересадочного комплекса в районе Новосибирского аэропорта – значимый проект для разгрузки центральных узлов города за счет перераспределения части пригородных потоков. Строительство железнодорожной ветки до аэропорта и автобусный терминал на прилегающей территории – способ создать альтернативный центр притяжения транспортных потоков и улучшить транспортную доступность аэропорта для жителей региона. Модернизация районных транспортных узлов подразумевает создание современных мультимодальных комплексов с единством архитектурного и функционального решения, где работают различные виды транспорта. Бердск как город-спутник Новосибирска также испытывает потребность в строительстве нового транспортного терминала для организации железнодорожных и автобусных перевозок без технологических конфликтов с движением городского общественного транспорта. Данный проект целесообразно воплощать в жизнь на принципах государственно-частного партнерства, то есть, с привлечением коммерческих инвестиций в инфраструктуру [7].

Цифровая трансформация транспортной системы позволяет перевести на качественно иной уровень координацию работы дорожной сети, услуги, предоставляемые пассажирам. С внедрением единой региональной системы управления транспортными потоками ожидается оптимизация расписания движения и сокращение временных интервалов между пересадками. Создание мобильных приложений для планирования поездок и покупки билетов упрощает использование общественного транспорта. Это также его конкурентное преимущество в сравнении с уровнем обслуживания у частных перевозчиков.

Экологическая модернизация транспортной системы требует постепенного перехода на электрифицированный транспорт и внедрение энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий в систему автобусных перевозок. Расширение сети электрифицированных железнодорожных линий в пригородном сообщении и замена дизельных автобусов на электрические, газомоторные модели соответствует мировым стандартам в сфере декарбонизации транспорта. Реализация перечисленных мероприятий потребует комплексности в подходе к модернизации энергетической инфраструктуры и совместных усилий различных уровней власти.

Заключение

Выполненный анализ приводит к следующим выводам: транспортно-пересадочные узлы Новосибирской агломерации находятся в состоянии структурной трансформации, которая вызвана изменением пространственной организации региона и интенсификацией межтерриториальных связей. Структура расселения области влияет на организацию транспортного обслуживания в нетипичной моноцентрической агломерации. Ключевая особенность региональной транспортной системы – в высокой степени зависимости от железнодорожного транспорта. Это объясняется историческими этапами в формировании транспортной сети и спецификой географических условий на территории. Данное обстоятельство может рассматриваться как преимущество: сеть имеет высокую провозную способность и экологическую эффективность. Однако у нее есть и ограничения: транспортная система слабо адаптируется к потребностям населения, и требует высокой капиталоемкости для развития.

Районные центры области – пример функционирования различных моделей интеграции в агломерационную транспортную систему, это необходимо ввиду их экономической специализации и географического положения. Наиболее успешны узлы, где работает железнодорожный и автомобильный транспорт, развита инфраструктура пассажирского сервиса.

Стратегические приоритеты развития транспортных узлов агломерации – в технической модернизации железнодорожной инфраструктуры, обновлении подвижного состава, строительстве интегрированных транспортно-логистических комплексов в районных центрах, повышении их доступности, с перспективами выхода к федеральным трассам. Перечисленные мероприятия нуждаются в широкой цифровизации процессов, в том числе, для управления потоками, нагрузками на транспорт, разработкой технических стандартов обслуживания. Их реализация позволит сформировать современную транспортную систему, адекватную масштабам и сложности Новосибирской агломерации, ведущего центра Сибирского региона.

Литература

1. Прудников А. А., Тулеев А. Д. Анализ социально-экономического развития новосибирской области в границах проектирования автодорожных объектов //Финансовый менеджмент. – 2025. – №. 7. – С. 138-147.
2. Самарцев П. В. Современные способы решения транспортных проблем крупных городов Сибири //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – №. 10-2. – С. 109-112.
3. Милякин С. Р., Скубачевская Н. Д. Развитие транспортной системы в Новосибирске до 2045 г.: анализ и сценарный прогноз //Проблемы прогнозирования. – 2023. – №. 3. – С. 120-133.
4. Коломак Е. А. Пространственное развитие Новосибирской области //Пространственная экономика. – 2024. – Т. 20. – №. 4. – С. 8-28.
5. Халтурина О. А., Терешкина Н. Е. Проблемы развития транспортной сферы в Новосибирской области //Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2026. – Т. 1. – №. 1. – С. 77-81.
6. Ким Т. Л., Меркурьев В. В., Косинский П. Д. Применение теории графов для анализа транспортной системы сибирской конурбации //Экономика и управление инновациями. – 2025. – Т. 34. – №. 3. – С. 31-39.
7. Горбунова М. С., Новичихин А. В. Совершенствование системы управления транспортно-пересадочными узлами //Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19. – №. 2. – С. 345-358.

Analysis of transport hubs of the agglomeration in Novosibirsk and Novosibirsk region

Silkin A.V.
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts named after A.D. Kryachkov

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the current state of the transport hub system of the Novosibirsk agglomeration as the largest transport complex of the Siberian Federal District. The structure and functional features of the main transport hubs providing connections between the regional center and municipal districts are analyzed. Issues of integration of various types of transport within the agglomeration space are considered, including railway, automobile and urban public transport. Key problems of transport flow coordination have been identified and main directions for strategic development of transport infrastructure have been determined. Special attention is paid to the role of regional centers of the oblast in the formation of agglomeration connections and their transport accessibility. Conceptual approaches to optimizing the transport system of the agglomeration are proposed, taking into account the prospects for socio-economic development of the region. The research results are of interest to specialists in the field of transport planning and can be used in the development of regional transport infrastructure development programs.

Keywords: transport hub, Novosibirsk agglomeration, transport accessibility, regional transportation, transport planning.

References

1. Prudnikov A. A., Tuleev A. D. Analysis of the Socio-Economic Development of the Novosibirsk Region within the Design Boundaries of Road Facilities // Financial Management. – 2025. – No. 7. – Pp. 138-147.
2. Samartsev P. V. Modern Methods of Solving Transport Problems in Large Cities of Siberia //International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2022. – No. 10-2. – Pp. 109-112.
3. Milyakin S. R., Skubachevskaya N. D. Development of the Transport System in Novosibirsk until 2045: Analysis and Scenario Forecast //Problems of Forecasting. – 2023. – No. 3. – Pp. 120-133.
4. Kolomak E. A. Spatial Development of the Novosibirsk Region //Spatial Economics. – 2024. – Vol. 20. – No. 4. – P. 8-28.
5. Khalturina O. A., Tereshkina N. E. Problems of Transport Development in the Novosibirsk Region //Transport of the Russian Federation. Journal on Science, Practice, and Economics. – 2026. – Vol. 1. – No. 1. – Pp. 77-81.
6. Kim T. L., Merkuriev V. V., Kosinsky P. D. Application of graph theory for the analysis of the transport system of the Sino-Russian Federation.
7. Gorbunova M. S., Novichikhin A. V. Improvement of the Transport and Transfer Hub Management System //Izvestiya of the St. Petersburg University of Railway Engineering. – 2022. – Vol. 19. – No. 2. – Pp. 345-358.

Анализ транспортно-пересадочных узлов агломерации в Иркутске

Силкин Андрей Владимирович
Соискатель, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, silkin.av.25@gmail.com

В статье рассматриваются особенности функционирования транспортно-пересадочных узлов агломерационного типа в Иркутске. Изучено текущее состояние ключевых транспортных узлов, которые связывают центральную часть города с пригородными территориями. Указаны проблемы организации пассажирских перевозок в городе и области. Расставлены приоритеты стратегического развития системы транспортно-пересадочных узлов с учетом перспектив роста городской агломерации, мобильности жителей, объемов перевозок. Результаты могут быть использованы при разработке проекта модернизации и развития транспортной системы Иркутской агломерации, повышения ее доступности и пропускной способности.
Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, городская агломерация, пассажирский транспорт, транспортное планирование, Иркутск.

Введение

Формирование системы транспортно-пересадочных узлов определяется потребностью в модернизации и адаптации системы пассажирских перевозок в условиях современных городских агломераций. Актуальность проблемы подтверждается активными урбанизационными процессами, расширением функциональных границ крупных городов, перегруженностью дорожной сети, дефицитом кадров в транспортной отрасли, тем важнее совершенствовать стандарты транспортного обслуживания населения пригородных территорий [1]. Иркутская городская агломерация, с областным центром и прилегающими муниципальными образованиями, отличается значительными объемами ежедневных трудовых и социально-бытовых поездок из центральных районов города до периферии. Очевидно, что действующая система транспортного обслуживания не справляется с возрастающей нагрузкой, вызванной ростом автомобилизации населения и переменами в структуре расселения в области.

Транспортно-пересадочные узлы агломерационного типа представляют собой элементы транспортной системы, посредством которых осуществляется координация взаимодействия каждого вида пассажирского транспорта, упорядочивание движения в регионе. От эффективности их функционирования зависит качество транспортной доступности территорий, доверие населения к общественному транспорту.

Целью статьи является проведение комплексного анализа состояния транспортно-пересадочных узлов агломерационного типа в Иркутске и разработка плана мероприятий по их перспективному развитию.

Методология исследования

Исследование предполагает комплексный подход к проблеме, с анализом функционально-пространственной организации транспортных узлов, их оценкой в соответствии с критериями эффективности и активностью, коэффициентами заполняемости и объемами пассажиропотоков. Применены методы натурного обследования транспортной инфраструктуры, анализ картографических материалов и обобщение данных об общественном транспорте агломерации. Использованы принципы системного анализа, чтобы выявить связи между компонентами транспортной системы на территории.

Характеристика существующих транспортно-пересадочных узлов Иркутской агломерации

Специфическая планировочная структура транспортной системы Иркутской агломерации обусловлена особенностями рельефа местности и гидрографической сети. Река Ангара – естественный разделитель городской территории на две части, тем важнее продуманность транспортных связей между правобережными и левобережными районами. В изучаемом агломерационном пространстве расположены муниципальные образования, с поселками Маркова, Молодежным, Большим Голоустным и другими. Эти населенные пункты связаны с областным центром устойчивыми трудовыми и социально-экономическими отношениями [2].

Центральный автовокзал – основной транспортно-пересадочный узел, он связывает Иркутск с населенными пунктами области и соседних регионов. Расположенный в центральной части города на улице Октябрьской Революции, небольшой вокзал нуждается в реконструкции, и не в состоянии удовлетворить запросы растущих пассажиропотоков. Пропускная способность узла в целом недостаточна, но в часы пик достигает критических значений, особенно летом во время роста поездок на отдых к Байкалу.

Функционально Центральный автовокзал включает пассажирское здание с залами ожидания, кассовыми помещениями и объектами торгово-бытового обслуживания. Также имеется привокзальная площадь с перронами для посадки и высадки пассажиров. Малое количество перронов для одновременного обслуживания автобусов не способно обеспечить комфортное для населения функционирование узла. На вокзале постоянно очереди транспортных средств, заторы достигают прилегающих улиц. Ограниченность площади под временное размещение рейсовых автобусов, ожидающих отправления, вынуждает водителей делать импровизированные стоянки на соседних улицах, что нарушает дорожное движение в городской среде.

Железнодорожный вокзал Иркутск-Пассажирский является транспортно-пересадочным узлом регионального значения, обеспечивающим сообщение в городах Сибири и Дальнего Востока и участвующим в пригородном железнодорожном движении. Территория вокзального комплекса, реконструированного в последние годы, имеет просторную планировку, но и здесь пропускная способность пригородных платформ ограничена инфраструктурой железнодорожного транспорта. Узел состоит из вокзального здания, пассажирских платформ, подземных переходов и объектов обслуживания. Привокзальную территорию также ожидает обновление в рамках проекта «Формирование комфортной городской среды».

Пригородное железнодорожное сообщение связывает Иркутск с населенными пунктами, расположенными вдоль Транссибирской магистрали, но, как отмечают жители региона, частота движения электропоездов остается недостаточной, чтобы обслуживать пассажиропотоки. Ограничения пропуск-

ной способности железнодорожной инфраструктуры снижают интенсивность пригородного сообщения, что не позволяет транспортному узлу продемонстрировать свой потенциал. Автостанция "Центральная" на Байкальском тракте – дополнительный транспортный узел со средней пропускной способностью, и маршрутами до поселков на южном побережье Байкала. Территория станции имеет малую площадь, что осложняет обслуживание туристического пассажиропотока в сезон. В структуре этого узла – здание с кассами и залом ожидания, площадка для размещения автобусов, но и здесь организация пространства не отвечает параметрам мобильности населения.

Микроавтобусные маршруты выполняют роль дополнительной сети транспортного обслуживания агломерации, однако их пункты их отправления не рассматриваются как полноценные транспортно-пересадочные узлы. Площадь у Центрального рынка, остановки на Байкальском тракте и других магистральных направлениях – участки, где типичны заторы ввиду низкой пропускной способности. Сам областной центр агломерации по итогам 2025 года попал в лидера антирейтинга по позиции качества общественного транспорта и состояния улично-дорожной сети [3].

Таблица 1

Оценка соответствия существующих транспортно-пересадочных узлов потребностям агломерации

Наименование узла	Площадь территории	Пропускная способность	Функциональное наполнение	Соответствие потребностям
Центральный автовокзал	Ограниченная	Критическая в пик	Полное	Не соответствует
ЖД вокзал Иркутск-Пассажирский	Средняя	Ограниченная	Полное	Частично соответствует
Автостанция "Центральная"	Ограниченная	Недостаточная в сезон	Базовое	Не соответствует
Площадь у Центрального рынка	Минимальная	Низкая	Отсутствует	Не соответствует

Исходя из данных анализа функционирования действующих транспортно-пересадочных узлов, становится очевидно, что большинство из них слабо справляется с обслуживанием текущих пассажиропотоков. Центральный автовокзал нуждается в кардинальной реконструкции с расширением территории и увеличением количества перронов. Альтернативный сценарий – дополнительные узлы, чтобы разгрузить центральное направление. Железнодорожный вокзал особенно перспективен для развития пригородного сообщения и интеграции с автобусными маршрутами. Однако автостанция "Центральная" нуждается в расширении инфраструктуры, чтобы обслуживать потоки пассажиров, в особенности, в сезон.

Проблемы функционирования транспортно-пересадочных узлов

Существующая система транспортно-пересадочных узлов Иркутской агломерации имеет структурные и функциональные проблемы, что снижает эффективность транспортного обслуживания населения. Концентрация основных пригородных маршрутов в районе Центрального автовокзала приводит к неравномерности распределения транспортной нагрузки, перегруженности центра города. Ввиду радиальной конфигурации транспортных связей необходимо проезжать через центр, чтобы проследовать по тому или иному маршруту.

Инфраструктурные ограничения транспортно-пересадочных узлов закономерно провоцируют ухудшение пропускной способности перронов и площадок, где размещается подвижной состав, что недопустимо в периоды максимальной интенсивности движения. Центральный автовокзал испытывает дефицит площадей для стоянки автобусов и посадки-высадки пассажиров. Такая ситуация приводит к постоянным заторам на этом участке. Качество инфраструктурного обеспечения пассажиров меняется от одного транспортного узла к другому. В целом, этот автовокзал, расположенный в выгодном месте, способен выполнять базовые сервисные функции, однако дополнительные узлы оснащены простейшими остановочными пунктами, где нет залов ожидания и защиты от дождя и снега. Ввиду того, что сопутствующие услуги развиты в недостаточной степени, комфортность пользования общественным транспортом снижается. В результате падает доверие жителей к общественному транспорту, растут темпы автомобилизации населения [4].

Координация работы различных видов транспорта в транспортно-пересадочных узлах требует дальнейшего развития. Отсутствует единая система расписаний, оптимальные интервалы между прибытием пригородных маршрутов и отправлением городского общественного транспорта. Информационное обеспечение пассажиров о возможностях пересадки и альтернативных маршрутах движения не соответствует критериям оперативности и полноты.

Пространственная организация транспортно-пересадочных узлов не всегда коррелирует с требованиями к инклюзивности городской среды, в том числе, для лиц с ограниченными возможностями передвижения. Барьерная среда, созданная архитектурными элементами и организацией транспортных потоков, осложняет перемещение маломобильных групп населения и снижает доступность транспортных услуг. Экономические аспекты функционирования узлов демонстрируют потребность в высоких эксплуатационных затратах, самофинансирование развития инфраструктуры практически невозможно. Тарифная политика на различных видах транспорта снижает экономическую целесообразность пересадок для пассажиров, жители подбирают прямые маршруты и пересаживаются на личный автотранспорт. Рекреационная активность населения в летний период усугубляет нагрузку на транспортную систему и требует гибкого реагирования транспортных операторов. Недостаточная пропускная способность узлов в период максимального спроса, дублирование маршрутов и износ подвижного состава ухудшает качество транспортного обслуживания и закрепляет негативный имидж общественного транспорта [5].

Таблица 2

Основные проблемы функционирования транспортно-пересадочных узлов агломерации

Группа проблем	Проявления	Последствия	Масштаб воздействия
Инфраструктурные	Недостаток перронов, ограниченные площади ожидания	Заторы, снижение комфорта	Высокий
Функциональные	Слабая координация видов транспорта	Увеличение времени поездок	Средний
Пространственные	Концентрация в центре города	Перегрузка центральных районов	Высокий
Информационные	Недостаток актуальной информации	Затруднения в планировании поездок	Средний

Комплексный анализ перечисленных проблем указывает на их системный характер. Организация транспортно-пересадочных узлов агломерации имеет инфраструктурные ограничения, функциональные недостатки координации различных видов транспорта, что увеличивает их накопительный эффект, усиливает тенденции снижения эффективности транспортной системы. Пространственная концентрация узлов в центральной части города нуждается в пересмотре подходов к территориальной организации пассажирских перевозок.

Перспективы развития системы транспортно-пересадочных узлов

Анализ транспортных потоков и планировочной структуры Иркутской агломерации позволяет выделить приоритетные направления, чтобы создать новые транспортно-пересадочные узлы. Левобережная часть города нуждается в крупном транспортном узле, чтобы связать его с пригородными территориями без необходимости проезда через центр города. Перспективное место для такого узла – район пересечения Байкальского тракта с кольцевой автодорогой, локация с территориальными резервами для размещения масштабной транспортной инфраструктуры.

Для северного направления агломерации, поселков Оек, Смоленщина и других, целесообразно создание транспортно-пересадочного узла в районе пересечения Качугского тракта с объездной дорогой. Эта локация с удобным доступом для жителей северных территорий, условиями для перехватывающей парковки, чтобы снизить поток легкового транспорта в центральную часть города.

Восточное направление предполагает организацию транспортного узла в районе поселка Маркова, где пересекаются основные транспортные потоки из Иркутского района. Создание здесь полноценного транспортно-пересадочного узла позволит связать пригородные маршруты и предложить жителям данных территорий удобные пересадки. Новые транспортно-пересадочные узлы представляют собой современные пассажирские терминалы с залами ожидания, информационными системами и объектами торгово-бытового обслуживания. Обязательные элементы инфраструктуры – перехватывающие парковки значительной вместимости, чтобы жители пригородов могли оставить личные автомобили и пересесть на общественный транспорт. Площадки для размещения автобусов должны обслуживать множественные маршруты с учетом перспектив реорганизации, оптимизации, развития транспортной сети [3].

Таблица 3

Характеристики перспективных локаций для новых транспортно-пересадочных узлов

Локация	Обслуживаемые направления	Требуемое функциональное наполнение	Приоритетность реализации
Байкальский тракт - кольцевая дорога	Левобережные поселки, Листвянка	Терминал, парковка на 500 мест, торговые объекты	Высокая
Качугский тракт - объездная дорога	Северные поселки, Оек	Терминал, парковка на 300 мест, сервисные объекты	Средняя
Район п. Маркова	Восточные территории, Иркутский район	Терминал, парковка на 400 мест, пересадочные платформы	Высокая
Правобережье - выезд на трассу М-55	Южные направления, Слюдянка	Терминал, парковка на 200 мест	Низкая

Создание новых транспортно-пересадочных узлов в указанных локациях – часть актуальной, соответствующей современным стандартам, полицентрической структуры транспортного обслуживания агломерации, рассчитанной на снижение нагрузки на центральные районы города. Властями города запланированы мероприятия по оптимизации сети, перехода на транспортные средства большей вместимости, что позволит уменьшить как количество рейсов, так и длительность заторов в часы пик. Безусловно, данные мероприятия осуществимы только при государственной поддержке. Приоритетность реализации проектов зависит от объемов пассажиропотоков, наличия свободных территорий и ожидаемого эффекта от разгрузки существующих узлов.

Стратегические направления развития системы транспортно-пересадочных узлов Иркутской агломерации должны учитывать принципы пространственной децентрализации, переводить инфраструктурное обеспечение на качественно иной уровень, и интеграцию различных видов транспорта. Формирование новой, гибкой структуры транспортного обслуживания снижает нагрузку на центральные районы города и более равномерно распределяет пассажиропотоки по территории агломерации. Развитие периферийных транспортно-пересадочных узлов – одно из самых приоритетных направлений оптимизации транспортной системы. Создание крупных транспортных узлов на внешних границах городской территории с перехватывающими парковками обеспечит жителей пригородных территорий местами для стоянок личных автомобилей. Соответственно, жители получат возможность оставить автомобиль и воспользоваться услугами общественного транспорта для поездок в центр Иркутска. Данный подход коррелирует с мировыми тенденциями развития транспортных систем в крупных агломерациях, он также оптимизирует экологическую нагрузку от автомобильного транспорта [5].

Модернизация имеющихся транспортно-пересадочных узлов предусматривает расширение их функциональных возможностей и повышение качества обслуживания пассажиров. Результат реконструкции Центрального автовокзала – увеличение площади перронов, создание дополнительных залов ожидания и обновление системы информационного обеспечения. Перечисленные меры повысят пропускную способность узла и комфортность пассажирских перевозок.

Подытоживая, необходимо отметить, что региональная координация развития транспортной системы агломерации требует согласования планов муниципальных образований и единой системы управления пассажирскими перевозками. Формирование транспортного союза позволит экономично расходовать инвестиции, внедрять гибкую тарифную политику и улучшать транспортную инфраструктуру агломерации.

Заключение

Проведенный анализ состояния транспортно-пересадочных узлов Иркутской агломерации подтверждает наличие существенных диспропорций в их территориальном размещении и функциональной организации. Подавляющая часть узлов не предназначена для обслуживания растущих пассажиропотоков, тем важнее реализация мер модернизации инфраструктуры, создание новых транспортных комплексов, пересмотр расписания, чередование на маршрутах средств большей или меньшей вместимости, в зависимости от потребностей жителей.

Центральный автовокзал подлежит немедленной реконструкции, еще один вариант разрешения указанных проблем – в строительстве или альтернативных узлов для разгрузки центрального направления. Железнодорожный узел должен учитывать движение автобусной сети и содействовать развитию пригородного сообщения. Периферийным узлам, в свою очередь, необходимо обновить инфраструктурное обеспечение.

Приоритетные направления развития: создание транспортно-пересадочных узлов на Байкальском тракте, в районе поселка Маркова и на Качугском тракте, что позволит продолжить формирование полицентрической структуры обслуживания. Реализация проектов – средство повышения качества транспортного обслуживания населения агломерации, оптимизации нагрузки на центральные районы Иркутска.

Литература

1. Винокуров С. И., Винокурова М. В. Современные тренды развития регионального транспортного комплекса //Управленческий учет. – 2025. – №. 12. – С. 60-65.
2. Левашев А. Г. Роль городских транспортных коридоров в формировании агломераций //Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – №. 10. – С. 1532-1544.
3. Серебренников Е. Н. Транспортный фактор пространственной расчлененности иркутской агломерации //Возможности развития социально-экономического пространства сибирского макрорегиона в условиях глобальной нестабильности. – 2021. – С. 118-119.
4. Левашев А. и др. Транспортное планирование в развитии Иркутской агломерации //Проект Байкал. – 2021. – Т. 18. – №. 70. – С. 94.
5. Хитрова Т. И., Коротенко А. П. Разработка транспортных проектов Иркутской области на основе моделей транспортного спроса //Известия Байкальского государственного университета. – 2021. – Т. 31. – №. 1. – С. 34-42.

Analysis of transport interchange hubs of Irkutsk agglomeration

Silkin A.V.
Novosibirsk State University of Architecture

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the features of functioning of transport interchange hubs of agglomeration type in the city of Irkutsk. An analysis of the existing state of key transport hubs providing communication between the central part of the city and suburban areas has been carried out. The main problems of organizing passenger transportation in the agglomeration space have been identified. Priority directions for the development of the transport interchange hub system have been determined, taking into account the prospects for urban agglomeration growth. The results can be used in developing strategic documents for the transport system development of the Irkutsk agglomeration.

Keywords: transport interchange hub, urban agglomeration, passenger transport, transport planning, Irkutsk.

References

1. Vinokurov S. I., Vinokurova M. V. Modern trends in the development of the regional transport complex //Management accounting. – 2025. – No. 12. – P. 60-65.
2. Levashev A. G. The role of urban transport corridors in the formation of agglomerations //Vestnik MGSU. – 2023. – Vol. 18. – No. 10. – Pp. 1532-1544.
3. Serebrennikov E. N. Transport factor of the spatial fragmentation of the Irkutsk agglomeration //Opportunities for the development of the socio-economic space of the Siberian macro-region in the context of global instability. – 2021. – Pp. 118-119.
4. Levashev A. et al. Transport planning in the development of the Irkutsk agglomeration //Project Baikal. – 2021. – V. 18. – No. 70. – P. 94.
5. Khitrova T. I., Korotenko A. P. Development of transport projects in the Irkutsk region based on transport demand models //Izvestiya Baikal State University. – 2021. – V. 31. – No. 1. – P. 34-42.

Применение метода конечных элементов для определения погрешности приведения многослойных дорожных конструкций к двухслойным расчетным моделям при расчете нежестких дорожных одежд по критерию прочности

Лебедев Михаил Андреевич
ассистент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, marta2013apple@gmail.com,

Симонова Анна Сергеевна
старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ansi11@yandex.ru

В статье рассмотрен способ определения напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции при расчете нежестких дорожных одежд на прочность методом конечных элементов. Расчетная модель верифицирована на примере стандартной методики расчета дорожных одежд с приведением многослойных дорожных конструкций к двухслойным системам. На примере расчета многослойной дорожной конструкции показана величина возникающих погрешностей при расчете дорожных одежд по стандартной методике.

Ключевые слова: дорожная конструкция, дорожная одежда, многослойное упругое полупространство, численное моделирование, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, верификация расчетной модели.

Расчет прочности дорожных одежд и грунта земляного полотна в отечественной нормативной документации основан на определении напряженно-деформированного состояния (НДС) многослойного линейно-упругого полупространства, деформируемого круговой площадкой с равномерно распределенным по ее поверхности давлением, равным давлению воздуха в шинах транспортного средства. Такой подход был разработан учеными в области механики дорожных одежд в XX веке и до сих пор служит основой для методик расчета прочности дорожных одежд в различных странах[1, 2]. В отечественной нормативной документации этот подход окончательно установлен в ВСН 46-72, а в более ранних инструкциях по проектированию применялись приближенные методики [3]. Однако сам алгоритм определения НДС многослойного полупространства при увеличении числа моделируемых слоев приводит к кратному росту вычислительной сложности аналитического алгоритма вычисления напряжений. Чтобы это увидеть, достаточно посмотреть на отличия в выражениях для двухслойной и трехслойной расчетной модели, приведенных в книге под редакцией Иванова Н.Н. «Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд», а также сравнить их с выражениями для семислойного полупространства из ОДМ 218.3.1.005-2021[4, 5]. Вычислительная сложность системы из четырех и более слоев была недостижима массово при характерных для 1960-1970-х годов вычислительных машин, а вывод аналитических зависимостей не представлялся возможным. Поэтому для инженерных расчетов дорожных одежд универсальным и простым способом по всей стране были разработаны номограммы приведения многослойных конструкций к двухслойным и трехслойным моделям. При безусловных преимуществах этого подхода с точки зрения простоты и воспроизводимости в любых условиях без необходимости машинных вычислений, он все же имеет существенный недостаток в виде погрешности при определении напряжений в силу замены нескольких слоев одним эквивалентным слоем[6]. Эти погрешности могут приводить к недооценке или к переоценке возникающих напряжений в конструкции и повлечь назначение недостаточной или избыточной толщины дорожной одежды. Для оценки величины этой погрешности на примере расчета дорожной одежды в работе использован метод конечных элементов. Он реализуется намного проще полуаналитического метода, приведенного в ОДМ 218.3.1.005-2021, не имеет ограничения на число слоев, а также предоставляет возможность для дальнейшего усложнения расчетной модели, введения условий контакта с частичным трением на границах слоев и позволяет учитывать наличие прослоек из геосинтетических материалов.

В качестве примера дорожной одежды, для которой будет произведена оценка погрешностей вычислений, в работе использована конструкция дорожной одежды из Приложения Ж ГОСТ Р 71404-2024, расчетные параметры которой приведены в таблице 1[7].

Таблица 1
Расчетные характеристики материалов дорожной одежды

Материал слоя	h, см	E / ν (упругий прогиб)	E / ν (сдвиг, динамика)	E / ν (изгиб)	φ, градусы	c, МПа
SMA 16	5 (3)	3330/0,30	2115	4950	-	-
SP-22Э	8	4100/0,30	2550	6100	-	-
SP-32Э	11	3150/0,30	2000	5200	-	-
ЩПС, укрепленная цементом, М40	14	600/0,25	600/0,25	600/0,25	-	-
Щебень фракции 31,5 — 63 мм	28	350/0,25	350/0,25	350/0,25	-	-
Средний песок	21	120/0,25	120/0,25	120/0,25	26	0,002
Легкая крупная песчаная супесь	-	65/0,35	65/0,35	65/0,35	23	0,002

Расчет НДС методом конечных элементов произведен с использованием программного комплекса ANSYS Mechanical. Поскольку данная задача рассматривается в статической постановке, тип решаемой задачи в ANSYS выбран Static Structural. Сначала в модуль Engineering Data вносятся материалы дорожной конструкции и их упругие постоянные E и υ, а затем в модуле Design Modeler задается геометрия расчетной области. Поскольку методика расчета НДС многослойного полупространства, деформируемого круговым

штампом, является осесимметричной, это позволяет и при реализации расчета методом конечных элементов не моделировать трехмерный слоистый параллелепипед, а построить меридиональное сечение в виде прямоугольной области, что позволит колоссально оптимизировать вычислительную сложность задачи без ущерба точности (рис. 1).

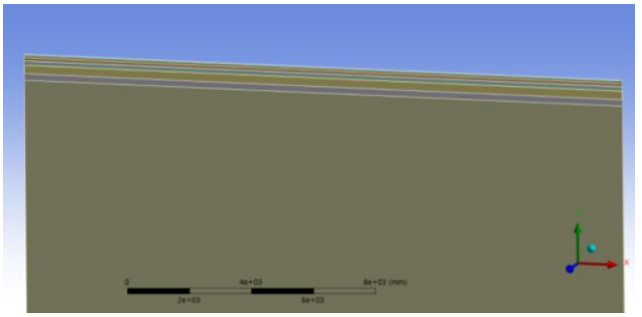
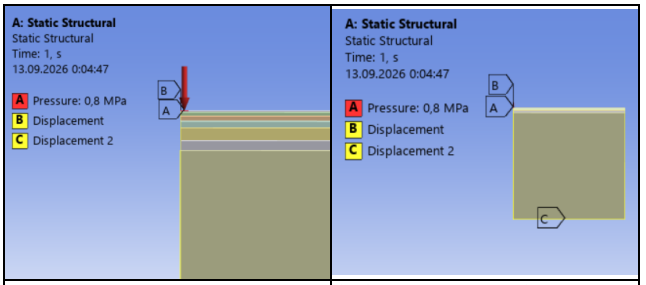


Рисунок 1 – Геометрическая модель расчетной области дорожной конструкции

Однако для этого в модели с уже построенной геометрией необходимо указать в свойствах геометрической расчетной области свойство Axysimmetric. Также, чтобы избежать искажения параметров НДС из-за ограниченных размеров расчетной области, её горизонтальный и вертикальный размер задан 20х20 м. Такое значение выбрано путем поверочных расчетов, подтверждающих, что при данном и большем размере области результаты вычислений практически не изменяются.

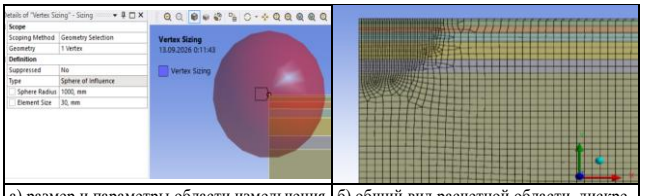
Когда геометрия модель конструкции уже построена, и каждому слою присвоен свой материал, задаются граничные условия и условия контакта между слоями. В стандартной методике предполагается гладкий контакт на границе пакета слоев асфальтобетона и нижележащим слоем основания и спаянный контакт на остальных границах слоев. Эти же условия должны быть заданы и в расчетной модели. Поскольку расчетная область моделируется в виде меридионального сечения, которое образует полупространство при вращении вокруг оси, на верхней грани задано давление, приложенное не к штампу, а к отрезку, равному по длине половине диаметра отпечатка колеса. Этот отрезок при вращении всей области вокруг оси образует круговой штамп с равномерно распределенным по его площади давлением. Границы расчетной области закреплены из условия нулевых перемещений в направлениях, перпендикулярных граням (рис.2).



а) приложение давления к поверхности | б) общий вид расчетной области с введенными граничными условиями

Рисунок 2 – Расчетная область модели дорожной конструкции с наложенными граничными условиями

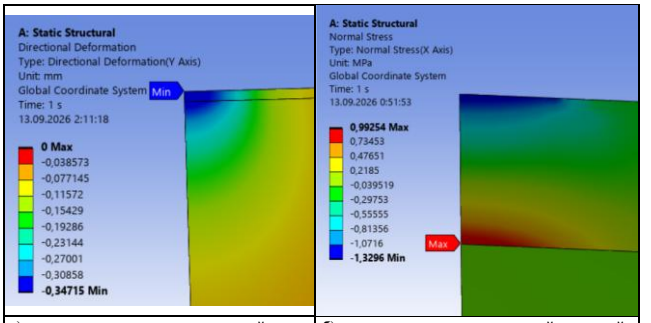
После расстановки граничных условий расчетная область разбивается на конечные элементы с определенным шагом. Величина шага влияет на точность аппроксимации решения. Учитывая значительные размеры расчетной области, в пределах толщин конструктивных слоев дорожной одежды и части земляного полотна введена область сгущения сетки, ячейки которой не должны быть меньше толщины самого тонкого слоя дорожной одежды. Таким образом, для области с измельченной сеткой шаг составляет 30 мм, а в пределах всей остальной области взят шаг 100 мм (рис. 3).



а) размер и параметры области измельчения сетки | б) общий вид расчетной области, дискретизированной сеткой конечных элементов

Рисунок 3 – Расчетная область модели дорожной конструкции с нанесенной сеткой конечных элементов

После задания параметров сетки можно запускать расчет. Однако, как и для любого численного алгоритма решения, для задачи МКЭ необходимо привести её верификацию на примере известного аналитического решения, чтобы подтвердить применимость модели. Для этого в рамках работы проведена серия расчетов с приведением расчетной области к двухслойной по аналогии с методикой расчета ГОСТ Р 71404-2024(рис. 4).



а) поле вертикальных перемещений двухслойной модели по критерию упругого прогиба | б) поле радиальных напряжений двухслойной системы по критерию растяжения при изгибе

Рисунок 4 – Результаты определения параметров НДС при верификации конечно-элементной модели по критериям упругого прогиба и растягивающих напряжений при изгибе

Для верификации по критерию упругого прогиба был взят последний шаг операции послойного приведения, на котором верхний слой покрытия, лежащий на однородном полупространстве уже приведенных слоев, приводится к итоговому однородному полупространству, обладающим общим модулем упругости конструкции. При определении модуля упругости на основе полученного значения перемещения поверхности покрытия использовалась формула Буссинеска-Шлейхера:

$$E_{общ} = \frac{PD_0(1-\nu_{ср}^2)}{S_{упр}},$$

где P – давление штампа нагружения, МПа,

D_0 – диаметр штампа, м;

$\upsilon_{ср}$ – средневзвешенный коэффициент Пуассона слоев конструкции;

$S_{упр}$ – вертикальное перемещение точки покрытия под штампом, м.

Для вычисленного значения упругого прогиба 0,34715 мм значение модуля упругости равно (рис. 4а):

$$E_{общ} = \frac{0,8 \cdot 0,345 \cdot (1-0,30068^2)}{0,00034715} = 722,81 \text{ МПа}$$

При верификации по критерию растягивающих напряжений по подошве пакета слоев асфальтобетона также моделировалось двухслойное полупространство со средневзвешенным значением модуля упругости для верхнего слоя и общим модулем упругости для нижележащего полупространства по аналогии с методикой из ГОСТ Р 71404-2024. Таким образом, наибольшее значение растягивающего напряжения по подошве верхнего слоя модели составило 0,99254 МПа (рис. 4б).

Для проверки модели по критерию сдвиговых напряжений в грунте земляного полотна двухслойное полупространство составлено из верхнего слоя, модуль упругости которого равен средневзвешенному модулю упругости слоев дорожной одежды, а подстилающее полупространство соответствует грунту земляного полотна (рис. 5).

Сразу напрямую получить активные напряжения сдвига при расчете не представляется возможным, поскольку они выражаются из компонент тензора напряжений в главных осях в точке по формуле:

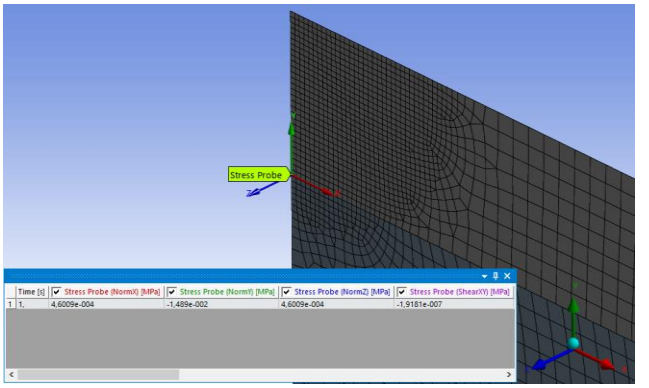


Рисунок 5 – Результаты определения параметров НДС при верификации конечно-элементной модели по критерию сдвиговых напряжений в грунте земляного полотна

$$T_{акт} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi}{2\cos\varphi}$$

где σ_1 и σ_3 – главные нормальные напряжения, МПа,

φ – угол внутреннего трения грунта земляного полотна, град.

В силу того, что рассматриваемая точка находится на оси симметрии задачи с осесимметричной постановкой, в этой точке нормальные компоненты тензора напряжений равны главным напряжениям. Это также подтверждается пренебрежимо малым значением сдвиговых напряжений в этой точке по результатам расчета (рис. 5). Учитывая тот факт, что правило знаков в ANSYS предполагает положительными растягивающие напряжения, а отрицательными сжимающие, инвертируем знаки нормальных напряжений по результатам расчета в соответствии с правилом знаков ОДМ 218.3.1.005-2021, и получим:

$$T_{акт} = \frac{(0,01489 - (-0,00046009)) - (0,01489 + (-0,00046009)) \cdot \sin(23^{\circ})}{2 \cdot \cos(23^{\circ})} = 0,005275 \text{ МПа}$$

В таблице 2 приведены результаты верификационных расчетов конечно-элементной модели и их сравнением с напряжениями в двухслойных системах по ГОСТ Р 71404-2024.

Таблица 2

Сравнение результатов расчета по стандартной методике с верификационными решениями МКЭ

Компонент НДС	Значение по методике расчета из ГОСТ Р 71404-2024	Значение при расчете с использованием МКЭ	Процент расхождения параметров
Величина модуля упругости, МПа	705,69	722,81	2,43%
Нормальное растягивающее напряжение на подошве пакета слоев асфальтобетона σ_r, МПа	-1,0007	-0,99254	0,82%
Активное напряжение сдвига на поверхности грунта земляного полотна $T_{акт}$, МПа	0,005310	0,005275	0,66%

Согласно результатам определения, приведенных в таблице, МКЭ модель, приведенная к двухслойному полупространству, с высокой точностью показывает напряжения в конструкции и может считаться верифицированной. Природу большего процента расхождения по критерию упругого прогиба можно объяснить следующим образом: параметр перемещения поверхности полупространства является интегральным, то есть на результат в самой верхней точке полупространства влияет глубина всей расчетной области. Поскольку размер расчетной области ограничен, а ее дальнейшее увеличение повлечет неоправданное увеличение вычислительной сложности, часть результата «отсекается» нижней границей модели. Локальные параметры НДС, такие, как радиальные напряжения в точке или значение активных напряжений сдвига соответствуют стандартной методике.

Когда расчетная модель верифицирована, можно перейти к результатам определения НДС в многослойной модели (рис. 6,7,8).

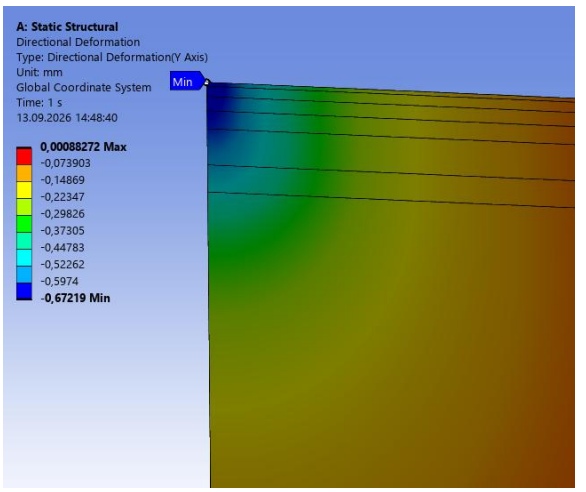


Рисунок 6 – Поле вертикальных перемещений многослойной модели по критерию упругого прогиба

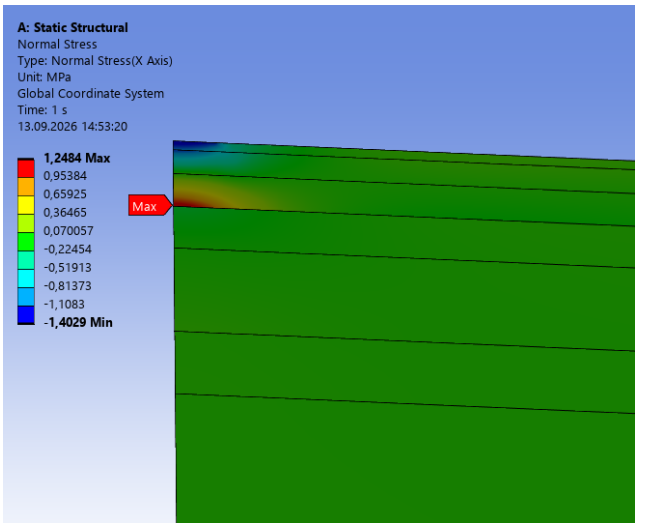


Рисунок 7 – Поле радиальных напряжений двухслойной системы по критерию растяжения при изгибе

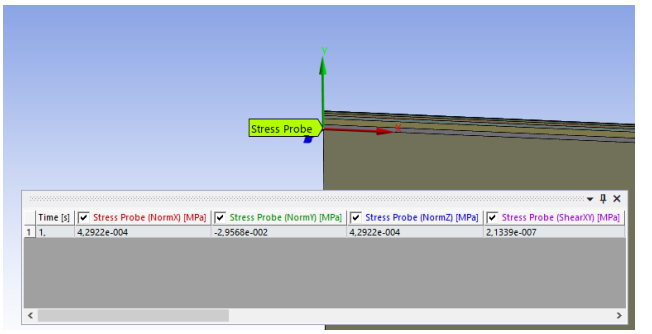


Рисунок 8 – Параметры тензора напряжений в точке многослойной модели по критерию сдвиговых напряжений в грунте земляного полотна

Контакт между пакетом слоев асфальтобетона и нижележащим слоем принимаем гладким, поскольку монолитный слой основания из ЩПС укреплен неорганическим вяжущим.

По аналогии с двухслойной моделью, находим общий модуль упругости многослойной модели по значению упругого прогиба, равного 0,67219 мм (рис. 6):

$$E_{общ} = \frac{0,8 \cdot 0,345 \cdot (1 - 0,300667^2)}{0,00067219} = 373,48 \text{ МПа}$$

Значение растягивающих напряжений на подошве пакета слоев асфальтобетона составило 1,2484 МПа (рис. 7).

Активные напряжения сдвига на поверхности земляного полотна исходя из полученных компонент тензора напряжений для многослойной модели с учетом инвертирования знаков равно (рис. 8):

$$T_{акт} = \frac{(0,029568 - (-0,00042922)) - (0,029568 + (-0,00042922)) \cdot \sin(23^{\circ})}{2 \cdot \cos(23^{\circ})} = 0,010110 \text{ МПа}$$

Результаты расчета с использованием многослойной МКЭ модели и их сравнение с упрощенной методикой двухслойных полупространств из ГОСТ Р 71404-2024 приведено в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение результатов расчета по стандартной методике с решениями МКЭ

Компонент НДС	Значение по стандартной методике	Значение при расчете с использованием МКЭ	Процент расхождения параметров
Величина модуля упругости, МПа	705,69	373,48	47,08%
Нормальное растягивающее напряжение на подошве пакета слоев асфальтобетона σ_r, МПа	-1,0007	-1,2484	24,75%
Активное напряжение сдвига на поверхности грунта земляного полотна $T_{акт}$, МПа	0,005310	0,010110	90,40%

Результаты расчета показывают, что в данном случае стандартная методика с приведением дорожной конструкции к двухслойному полупространству показывает существенно более высокие значения прочностных характеристик дорожной конструкции в сравнении с результатами расчета с использованием многослойной модели. Об этом же эффекте и с точки зрения расчета по полуаналитической методике для семислойного полупространства свидетельствуют примеры из приложения Д ОДМ 218.3.1.005-2021. Существенные расхождения в значениях напряжений в двухслойных и многослойных расчетных моделях отмечены также в работах Б.С. Радовского и А.Е. Мерзликина.

Таким образом, существующая упрощенная стандартная методика расчета дорожных одежд, основывающаяся на приведении дорожной конструкции к двухслойному полупространству, имеет отклонение по значению модуля упругости 47,08%, растягивающему напряжению на подошве пакета слоев асфальтобетона 24,75%, напряжению сдвига на поверхности грунта земляного полотна 90,40 % при оценке возникающих в дорожной конструкции напряжений.

Литература

1. Burmister, D. M.. (1945). The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems. I. Journal of Applied Physics, 16(2), 89–. doi:10.1063/1.1707558
2. Туроверов К.К. К вопросу исследования напряженного и деформированного состояния упругого слоистого полупространства. Научные труды Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С.М. Кирова, 1962, N 94
3. ВСН 46-72. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Минтрансстрой СССР. М.: Транспорт, 1973
4. Иванов, Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд - М.: Транспорт, 1973. - 328 с
5. ОДМ 218.3.1.005-2021. Проектирование нежестких дорожных одежд. Методические рекомендации по расчету параметров напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок. - М. : Росавтодор, 2021
6. Радовский, Б. С. Оценка погрешностей, возникающих при расчете нежестких дорожных одежд / Б. С. Радовский, А. Е. Мерзликин // Дороги и мосты. – 2016. – № 1(35). – С. 6. – EDN WPKFXQ
7. ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. - М. : Российский институт стандартизации, 2024

Application of the Finite Element Method to Determine the Error in Reducing Multilayer Pavement Structures to Two-Layer Computational Models for the Strength-Based Design of Flexible Pavements

Lebedev M.A., Simonova A.S.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines a method for determining the stress-strain state of a road structure when calculating the structural strength of flexible pavements using the finite element method. The computational model is verified against the standard pavement design methodology, which involves reducing multilayer road structures to two-layer systems. A calculation example of a multilayer road structure demonstrates the magnitude of errors that arise when using the standard design methodology.

Keywords: road structure, pavement, multilayer elastic half-space, numerical modeling, finite element method, stress-strain state, computational model verification.

References

1. Burmister, D. M. (1945). The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems. I. Journal of Applied Physics, 16(2), 89–. doi:10.1063/1.1707558
2. Turoverov, K. K. On the Investigation of the Stress and Strain State of an Elastic Layered Half-Space. Scientific Proceedings of the S. M. Kirov Leningrad Forestry Engineering Academy (Order of Lenin), 1962, No. 94.
3. VSN 46-72. Instructions for the Design of Flexible Pavements. Ministry of Transport Construction of the USSR. Moscow: Transport, 1973.
4. Ivanov, N. N. Design and Calculation of Flexible Pavements. Moscow: Transport, 1973. 328 p.
5. ODM 218.3.1.005-2021. Design of Flexible Pavements: Methodological Recommendations for Calculating the Stress-Strain State Parameters of Multilayer Structures Under Wheel Loads. Moscow: Rosavtodor, 2021.
6. Radovsky, B. S., & Merzlikin, A. E. Assessment of Errors Arising in the Calculation of Flexible Pavements. Roads and Bridges, 2016, No. 1(35), p. 6. EDN: WPKFXQ
7. GOST R 71404-2024. Public Highways: Flexible Pavements – Design Rules. - Moscow: Russian Institute for Standardization, 2024

Формирование открытого общественного пространства на основе искусственного водоёма предприятия атомной энергетики

Барсуков Евгений Михайлович
кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедры дизайна, ВГТУ, barsukov7@mail.ru,

Черных Анастасия Валерьевна
магистрант по направлению "Дизайн архитектурной среды", кафедра дизайна, ВГТУ, avch02@mail.ru

Статья посвящена определению принципов формирования открытых общественных пространств на основе искусственных водоёмов предприятий атомной энергетики. Актуальность работы обусловлена необходимостью освоения прибрежных территорий малых и средних городов с учётом технологических, санитарно-гигиенических, экологических и режимных ограничений объектов атомной энергетики. Цель исследования — выявление особенностей и разработка принципов развития общественных пространств на территориях, прилегающих к водоёмам-охладителям АЭС. Методика основана на сравнительном анализе отечественного и зарубежного опыта и исследовании территории пруда-охладителя Нововоронежской АЭС. Сформулированы принципы дифференцированного зонирования, компенсаторного контакта с водой, использования инженерных сооружений как элементов общественного пространства, формирования визуальных связей, интеграции набережной в городской каркас, учёта гидротехнической динамики, информационно-просветительской функции и этапности решений. Полученные результаты могут применяться при разработке концепций развития прибрежных территорий городов-спутников АЭС.
Ключевые слова: открытое общественное пространство, комплексный подход, искусственный водоём, пруд-охладитель, атомная электростанция, специфика.

Введение

Тема открытых общественных пространств — набережных, парков, скверов — на сегодняшний день является одной из наиболее востребованных как в профессиональном архитектурном сообществе, так и на уровне муниципального и федерального управления. Свидетельством актуальности данного направления служит системная государственная поддержка: реализация Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях, действие федерального проекта «Формирование комфортной городской среды», выделение целевых грантов на благоустройство общественных территорий [1, 2], а также растущее число научных статей и конференций, посвящённых вопросам средового проектирования.

Вместе с тем формирование открытых общественных пространств существенно осложняется в случаях, когда прилегающая территория находится в зоне влияния объектов с особым правовым и технологическим статусом, накладывающих специфические ограничения на градостроительное освоение. К числу таких объектов относятся предприятия атомной энергетики, для которых характерно наличие санитарно-защитных зон, режимных требований к использованию территории, а также ограничений, связанных с обеспечением радиационной и физической безопасности [14]. Это приводит к парадоксальной ситуации, при которой территории, потенциально обладающие высокой ценностью для формирования общественных пространств, оказываются недоступными или слабо интегрированными в структуру городской среды прилегающих населённых пунктов.

Актуальной научной и практической задачей становится разработка принципов проектирования открытых общественных пространств на основе искусственных водоёмов атомных электростанций, учитывающих специфический комплекс режимных, экологических, санитарно-гигиенических и градостроительных ограничений.

Обзор существующих подходов

Примером отечественной практики является преобразование берега водохранилища-охладителя Курской АЭС в городе Курчатове Курской области. Эта территория неоднократно становилась объектом целевого благоустройства в рамках государственных программ поддержки комфортной городской среды. Так, проект «Тёплый берег», предполагающий устройство экологической набережной вдоль берега водохранилища, объединённой в единую сеть пешеходных и велосипедных маршрутов, а также расширение пляжной зоны, строительство павильонов для инвентаря, детских и спортивных площадок, летнего кинотеатра и зон отдыха, стал победителем Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды и получил федеральное финансирование в размере 80 миллионов рублей [3].

Новые объекты благоустройства проектируются с учётом принципов инклюзивности: пляжная зона оборудуется пандусами и спусками в воду для маломобильных посетителей [4].

Важной особенностью этого кейса является технологическая специфика самого водоёма: поскольку в него постоянно поступает подогретая вода со станции, водохранилище не замерзает даже в сильные морозы, и температура воды не опускается ниже +7 °С, что расширяет сезонные возможности его рекреационного использования по сравнению с естественными водоёмами региона [3, 4]. При этом освоение территории носит неравномерный характер: благоустроен и озеленён только городской берег, тогда как противоположный берег водохранилища остаётся неблагоустроенным. Данное обстоятельство отражает типичную для подобных объектов практику — сосредоточение общественной активности на удалённых от промышленной площадки участках побережья при сохранении неосвоенных зон вблизи технологических сооружений станции.



Рис. 1. 3-й этап благоустройства городской набережной Курчатова
Источник:
https://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/news/49846/

Примером зарубежной практики является озеро Лейк-Анна (Lake Anna) в штате Virginia, USA, — искусственный водоём, созданный энергетической компанией Virginia Electric and Power Company. Ключевой особенностью данного объекта является изначально заложенное в проект функциональное зонирование акватории: водоём был разделён системой дамб на две неравные части — так называемую холодную, или общедоступную, сторону площадью около 9 400 акров и тепловую, приватную сторону площадью около 3 400 акров, используемую непосредственно для сброса подогретой воды станции [6].

Общедоступная часть водоёма получила полноценное рекреационное развитие: уже в 1983 году на её берегу был открыт государственный парк площадью свыше трёх тысяч акров, с благоустроенным пляжем, лодочной станцией и системой кемпингов, при этом на общедоступной стороне действуют многочисленные лодочные спуски, обеспечивающие интенсивное использование акватории для водного отдыха. Приватная («тёплая») сторона водоёма, напротив, полностью исключена из общественного использования: доступ к её водам открыт только для сотрудников станции, что обеспечивает надёжную санитарно-технологическую изоляцию зоны сброса подогретых вод от массового использования [6].

Подобное зонирование было заложено на стадии проектирования самого водоёма. Озеро создавалось одновременно как техническое сооружение станции и как рекреационный водный объект. Разработчики подчёркивают, что тепловой режим приватной зоны не связан с дополнительной радиационной нагрузкой, поскольку данная вода в процессе охлаждения никогда не контактирует непосредственно с реакторами станции [6]. Разъяснение данного технологического факта имеет существенное значение для формирования общественного восприятия безопасности подобных пространств.



Рис. 2. Lake Anna State Park Visitor's Guide
Источник: https://activerain.com/blogsview/2613924/here-s-your-chance-to-support-lake-anna-state-park

Общим для обоих случаев является функциональное зонирование прибрежной территории с выделением зон интенсивного рекреационного освоения и буферных зон, примыкающих непосредственно к инфраструктуре станции. Вместе с тем зарубежный пример демонстрирует более системный подход, при котором зонирование водоёма закладывается на стадии его проектирования как гидротехнического сооружения, а рекреационная функция изначально рассматривается как равноправная по отношению к производственной. Российский пример, напротив, иллюстрирует практику последовательного, поэтапного освоения прибрежных территорий действующего водоёма-охладителя средствами программ благоустройства, реализуемых уже после ввода станции в эксплуатацию.

Указанные различия свидетельствуют об отсутствии на сегодняшний день единого методического подхода к формированию открытых общественных пространств на базе водоёмов атомных электростанций.

Характеристика территории пруда-охладителя Нововоронежской АЭС как объекта исследования

Пруд-охладитель Нововоронежской АЭС представляет собой наливной искусственный водоём, расположенный в пойме реки Дон и являющийся источником технического водоснабжения энергоблока № 5 станции. Пруд заполнен донской водой, площадь водного зеркала составляет 4,9 квадратных километра, при этом максимальная ширина водоёма — 1,9 км, длина — 3,5 км. Для повышения охлаждающей способности водоём разделён струенаправляющей дамбой протяжённостью 2,3 км [8].

При проектировании общественного пространства на территории, прилегающей к пруду-охладителю, критически важно учитывать существующие режимные ограничения. Проектная граница санитарно-защитной зоны (СЗЗ) НВАЭС представляет собой объединение двух окружностей:

Радиусом 2,25 км от венттрубы энергоблоков № 3, 4.

Радиусом 2,0 км от венттрубы энергоблока № 5.

В санитарно-защитной зоне запрещается размещение жилых и общественных зданий, детских учреждений, а также объектов, не относящихся к функционированию ядерной установки. Это ограничение является ключевым при выборе функционального наполнения проектируемого пространства [8].



Рис. 3. План территории г. Нововоронежа и АЭС

К настоящему моменту в отношении территории, прилегающей к пруду-охладителю, реализован ряд точечных мероприятий по благоустройству. Проект благоустройства городской набережной одержал победу в номинации «Малые города с численностью населения от 20 до 50 тысяч жителей» Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды, получив грант в размере 85 млн рублей. Проектом предусмотрено разделение набережной протяжённостью полтора километра на три тематические зоны — природную часть, зону науки и зону спорта — с устройством пешеходных дорожек, территории для массовых мероприятий, зоны отдыха, игровых и спортивных площадок, а также современных систем освещения и видеонаблюдения [12].

Вместе с тем сопоставление сложившейся ситуации с критериями, выявленными на основе анализа отечественного и зарубежного опыта, позволяет констатировать ряд существенных несоответствий современным требованиям к качеству и полноте открытого общественного пространства.

Во-первых, территория не соответствует критерию разнообразия и качества выходов к воде. В отличие от рассмотренного ранее опыта Курчатова, где рекреационное освоение сопровождалось расширением пляжных зон с пологим песчаным входом в воду и адаптацией территории для маломобильных групп населения [4]. На исследуемой территории подобные решения отсутствуют, а купание в водоёме, несмотря на отсутствие превышений нормативов сбросов, не рекомендуется в силу его технического назначения [13]. Данное ограничение принципиально отличает объект от классических рекреационных водоёмов и требует специальных компенсационных решений, которые в текущем проекте не заложены.



Рис. 4. Существующая набережная (фото автора)

Во-вторых, территория не соответствует критерию наличия сооружений на воде и системы визуального восприятия набережной и города со стороны акватории. Единственным упоминаемым элементом подобного рода является пирс, однако сведений о реализации полноценной системы понтонных платформ, смотровых площадок на воде, лодочных станций не выявлено [12]. Разделительная дамба протяжённостью 2,3 км, потенциально обладающая значительным видовым и рекреационным потенциалом (аналогично функции дамб, разграничивающих зоны на Лейк-Анна), в существующем проекте не рассматривается как самостоятельный композиционный элемент.

В-третьих, территория не соответствует критерию полноты и связности системы пространственных взаимосвязей с городом. Реализуемый участок протяжённостью 1,5 км охватывает лишь незначительную часть береговой линии водоёма периметром в несколько раз больше данной длины, что делает новую набережную скорее точечным, локальным объектом, нежели элементом целостной системы общественных пространств города.

В-четвёртых, специфическим ограничением территории является режимный статус значительной части береговой линии, примыкающей к промышленной площадке станции. Наличие санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения, требований физической защиты объекта использования атомной энергии, а также технологическая необходимость сохранения свободного доступа к водозаборным и сбросным сооружениям исключают возможность организации непрерывного движения по всему периметру водоёма [14, 15]. Кроме того, регулярно осуществляемый в целях эксплуатации водообмен (продувка) пруда в период весеннего паводка обусловливает колебания уровня воды и режим работы прибрежных сооружений, что необходимо учитывать при проектировании стационарных объектов на воде [8].

Решение сводится к благоустройству ограниченного, преимущественно «сухопутного» участка берега без полноценного освоения потенциала акватории, без системной связи с городской тканью и без учёта специфики восприятия и использования технического водоёма.

Принципы для дальнейшего развития территории

Исходя из выводов, полученных при анализе российского (Курчатов) и зарубежного (Лейк-Анна) опыта, а также с учётом выявленных ограничений, дальнейшее развитие территории пруда-охладителя Нововоронежской АЭС целесообразно рассматривать по следующим факторам.

1. Принцип дифференцированного зонирования акватории и берега. Территория делится на зоны по степени доступности и интенсивности использования: режимную (буферную, примыкающую к промплощадке и гидротехническим сооружениям, — без доступа населения), переходную (с ограниченным, контролируемым использованием) и общественную (свободного доступа). Границы зон устанавливаются на основе требований СЗЗ, зоны наблюдения и физической защиты объекта [14].

2. Принцип компенсаторного контакта с водой. При невозможности купания предусматриваются альтернативные формы взаимодействия: смотровые понтоны и пирсы, водно-игровые комплексы без погружения, террасированные спуски-трибуны, декоративные водные элементы, рыболовные площадки — обеспечивающие сенсорный и рекреационный контакт с водой без нарушения технологического режима.

3. Принцип использования инженерных сооружений водоёма как средообразующего ресурса. Дамбы, струенаправляющие сооружения, каналы водообмена рассматриваются не только как техническая инфраструктура, но и как потенциальные линейные общественные пространства (пешеходные маршруты, смотровые платформы), включаемые в композицию набережной.

4. Принцип двусторонней визуальной связи «берег — вода — город». Проектирование ведётся с учётом восприятия набережной и застройки с акватории и противоположного берега (силуэт, освещение, видовые точки).

5. Принцип связности с городской средой. Общественное пространство у водоёма формируется не как изолированный объект, а как элемент непрерывного транспортно-пешеходного каркаса, связывающего его с иными точками притяжения города (парками, дворовыми пространствами, центром).

6. Принцип учёта гидротехнической динамики. Проектные решения (стационарные и плавучие объекты, береговые укрепления) должны учитывать эксплуатационные колебания уровня воды, сезонный водообмен и температурный режим водоёма.

7. Принцип информационно-просветительской функции. Территория используется как площадка трансляции истории и статуса атомного объекта (научно-просветительские элементы, «зоны науки»), что способствует снижению социальной настороженности и формированию позитивной идентичности города [9].

8. Принцип этапности и обратимости решений. Ввиду режимных ограничений и возможных изменений требований безопасности предпочтение отдаётся модульным, демонтируемым и этапно реализуемым решениям, а не капитальной необратимой застройке прибрежной полосы.

Реализация перечисленных направлений позволит перейти от существующей модели фрагментарного благоустройства к формированию полноценного, пространственно-связного и функционально насыщенного открытого общественного пространства, учитывающего одновременно рекреационный потенциал искусственного водоёма и специфические режимные ограничения, накладываемые объектом атомной энергетики.

Заключение

Проведённое исследование подтверждает, что формирование открытых общественных пространств на базе искусственных водоёмов предприятий атомной энергетики представляет собой на сегодняшний день недостаточно разработанную научно-практическую проблему архитектурно-градостроительного проектирования. Несмотря на общий подъём интереса к теме благоустройства открытых общественных пространств, специфика объектов атомной энергетики — существенно осложняет применение типовых средовых решений и требует выработки самостоятельной методической базы.

Рассмотрение конкретного случая — территории, прилегающей к пруду-охладителю Нововоронежской АЭС, — показало, что реализованное на сегодняшний день решение не соответствует ряду ключевых критериев полноценного открытого общественного пространства. Часть выявленных ограничений объективно обусловлена техническим назначением водоёма и режимными требованиями безопасности станции, однако значительная часть — является следствием точечного подхода к проектированию.

Результаты исследования позволяют утверждать, что формирование открытых общественных пространств на основе искусственных водоёмов атомной энергетики требует особого подхода, совмещающего современные принципы средового проектирования комфортной городской среды с учётом специфических технологических, санитарно-гигиенических и режимных ограничений, характерных для объектов использования атомной энергии. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка типологии зонирования подобных территорий по степени доступности и интенсивности использования, что позволит перейти от практики единичных, фрагментарных проектов благоустройства к формированию системных, воспроизводимых архитектурно-градостроительных решений для городов-спутников атомных электростанций.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 10.02.2017 № 169 «Об утверждении Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на поддержку государственных программ субъектов Российской Федерации и муниципальных программ формирования современной городской среды» // СПС «КонсультантПлюс».
2. Паспорт федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» национального проекта «Жилье и городская среда» // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. URL: https://minstroyrf.gov.ru (дата обращения: 19.09.2026).
3. Курчатов: проект благоустройства набережной «Тёплый берег» водохранилища-охладителя Курской АЭС // Материалы Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях, Минстрой России. URL: https://konkurs.gorodsreda.ru (дата обращения: 19.09.2026).
4. 3-й этап благоустройства городской набережной Курчатова // Официальный сайт АО «Концерн Росэнергоатом». URL: https://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/news/49846/ (дата обращения: 19.09.2026).
5. Lake Anna State Park // Virginia Department of Conservation and Recreation. URL: https://www.dcr.virginia.gov/state-parks/lake-anna (дата обращения: 19.09.2026).
6. North Anna Power Station / Lake Anna // Dominion Energy: официальный сайт компании. URL: https://www.dominionenergy.com (дата обращения: 19.09.2026).
7. Here's Your Chance to Support Lake Anna State Park // ActiveRain. URL: https://activerain.com/blogsview/2613924/here-s-your-chance-to-support-lake-anna-state-park (дата обращения: 19.09.2026).
8. Нововоронежский охладитель // Landfish.ru: справочник водоёмов. URL: http://landfish.ru/vodoemy/novovoronezhskiy-ohladitel (дата обращения: 19.09.2026).
9. Станции и проекты: Нововоронежская АЭС // Официальный сайт АО «Концерн Росэнергоатом». URL: https://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-novovoronezhskoy-aes/ (дата обращения: 19.09.2026).
10. Нововоронеж получит 85 млн рублей на благоустройство набережной // Коммерсантъ. URL: https://www.kommersant.ru/doc/5523336 (дата обращения: 19.09.2026).
11. При поддержке Концерна «Росэнергоатом» в Нововоронеже появится новая набережная // Ассоциация «Некоммерческое партнерство территорий расположения атомных электростанций». URL: https://anppt.ru/novosti/pri-podderzhke-kontserna-rosenergoatom-v-novovoronezhe-poyavitsya-novaya-naberezhnaya/ (дата обращения: 19.09.2026).
12. Архитекторы показали проект набережной в Нововоронеже с амфитеатром и зоной барбекю // Вести Воронеж. URL: https://vestivrn.ru/news/2022/07/31/arkhitektory-pokazali-proekt-naberezhnoi-v-novovoronezhe-s-amfiteatrom-i-zonoi-barbekyu/ (дата обращения: 19.09.2026).
13. Нововоронежская АЭС обнародовала данные о состоянии окружающей среды // Atomic-energy.ru. URL: https://www.atomic-energy.ru/news/2020/03/24/102394 (дата обращения: 19.09.2026).
14. СанПиН 2.6.1.24-03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) // СПС «КонсультантПлюс».

Creation of an open public space based on an artificial water body at a nuclear power plant

Barsukov E.M., Chernykh A.V.
VSTU

JEL classification: L61, L74, R53

The article is devoted to the study of the principles for creating open public spaces based on artificial water bodies associated with nuclear power plants. The relevance of the work is due to the need to develop the coastal areas of small and medium-sized cities, taking into account the technological, sanitary, hygienic, environmental, and operational constraints of nuclear power facilities. The aim of the study is to identify the features and develop principles for the development of public spaces in areas adjacent to the cooling ponds of nuclear power plants. The methodology is based on a comparative analysis of domestic and foreign experience and on a study of the cooling pond area of the Novovoronezh

Nuclear Power Plant. The principles of differentiated zoning, compensatory contact with water, the use of engineering structures as elements of public space, the formation of visual connections, the integration of the embankment into the urban framework, consideration of hydraulic dynamics, the information and educational function, and the phased implementation of solutions have been formulated. The results obtained can be used in developing concepts for the development of coastal areas in satellite cities of nuclear power plants.
Keywords: open public space, integrated approach, artificial reservoir, cooling pond, nuclear power plant, specifics.

References

1. Resolution of the Government of the Russian Federation dated 10.02.2017 No. 169 “On Approval of the Rules for the Granting and Distribution of Subsidies from the Federal Budget to the Budgets of the Subjects of the Russian Federation to Support State Programs of the Subjects of the Russian Federation and Municipal Programs for the Formation of a Modern Urban Environment” // SPS “ConsultantPlus”.
2. Passport of the federal project “Formation of a Comfortable Urban Environment” within the national project “Housing and Urban Environment” // Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. (accessed: 19.09.2026).
3. Kurchatov: the “Teplyy Bereg” embankment improvement project for the cooling reservoir of the Kursk Nuclear Power Plant // Materials of the All-Russian competition of the best projects for creating a comfortable urban environment in small towns and historical settlements, Ministry of Construction of Russia. (accessed: 19.09.2026).
4. The 3rd stage of the improvement of the Kurchatov City Embankment // Official website of JSC “Concern Rosenergoatom”. (accessed: 19.09.2026).
5. Lake Anna State Park // Virginia Department of Conservation and Recreation. (accessed: 19.09.2026).
6. North Anna Power Station / Lake Anna // Dominion Energy: the company’s official website. (accessed: 19.09.2026).
7. Here’s Your Chance to Support Lake Anna State Park // ActiveRain. (date of reference: 09/19/2026).
8. Novovoronezh cooler // Landfish.ru : directory of reservoirs. (date of reference: 09/19/2026).
9. Stations and projects: Novovoronezh NPP // Official website of JSC "Concern Rosenergoatom". (accessed: 19.09.2026).
10. Novovoronezh will receive 85 million rubles for the improvement of the embankment // Kommersant. (accessed: 19.09.2026).
11. With the support of the Rosenergoatom Concern, a new embankment will appear in Novovoronezh // Association “Non-Profit Partnership of Territories Where Nuclear Power Plants Are Located”. (accessed: 19.09.2026).
12. Architects have presented a design for a waterfront area in Novovoronezh with an amphitheater and a barbecue zone // Vesti Voronezh. (date of access: 09/19/2026).
13. Novovoronezh NPP has published data on the state of the environment (date of application: 09/19/2026).
14. SanPiN 2.6.1.24-03. Sanitary Rules for the Design and Operation of Nuclear Power Plants (SP AS-03) // SPS “ConsultantPlus”.

Сравнительный анализ эффективности применения сборного и монолитного железобетона в современном строительстве

Эседуллаев Рубен Магомедгусейнович
аспирант, Юго-Западный государственный университет, suiti46@mail.ru

Проведён сравнительный анализ применения сборных, монолитных и сборно-монолитных железобетонных систем в современном гражданском строительстве. Показано, что монолитный железобетон обеспечивает наибольшую свободу планировочных и архитектурных решений, однако требует значительного объёма работ на площадке и сильнее зависит от качества опалубки, бетонирования и ухода за бетоном. Сборный железобетон позволяет ускорить монтаж и перенести основную часть контроля на завод, но предъявляет повышенные требования к транспортированию, крановому оборудованию и точности стыков. Сборно-монолитные системы занимают промежуточное положение и во многих повторяющихся многоэтажных объектах позволяют совместить скорость монтажа с пространственной жёсткостью монолитных соединений. Сделан вывод о том, что универсально лучшей технологии не существует, выбор должен выполняться с учётом характеристик объекта, производственной базы региона и условий строительной площадки.
Ключевые слова: сборный железобетон, монолитный железобетон, сборно-монолитный каркас, эффективность строительства, трудоёмкость, продолжительность строительства.

Введение

Железобетон остаётся одним из основных материалов гражданского и промышленного строительства. Его применение связано с высокой несущей способностью, долговечностью, огнестойкостью и возможностью создавать здания различного назначения. При этом одинаковый материал может использоваться поразному [3].

В последние десятилетия монолитное строительство получило широкое распространение благодаря гибкости планировок и возможности возводить здания сложной формы. Для застройщика важно, что расположение колонн, стен и проёмов может изменяться в достаточно широких пределах [7, 17].

Сборное строительство решает часть перечисленных проблем за счёт индустриального изготовления конструкций. На предприятии проще поддерживать постоянный состав бетона, использовать стационарные формы, организовать тепловлажностную обработку и выполнять контроль геометрии [2].

На этом фоне особое значение приобретают сборно-монолитные системы. В них часть операций переносится на завод, а пространственная работа здания обеспечивается монолитными участками, шпонками, выпусками арматуры и замоноличенными узлами. В публикациях рассматриваются различные каркасные схемы, несъёмная железобетонная опалубка и узловые соединения [1, 9–11].

Актуальность исследования определяется необходимостью выбирать технологию по совокупности условий. Быстрое решение может оказаться дорогим из-за доставки и аренды крана. Дешёвая по смете монолитная схема может потерять преимущество при зимнем бетонировании или недостатке рабочих.

Целью исследования является сравнительная оценка эффективности применения сборного и монолитного железобетона в современном строительстве с выделением области рационального использования сборно-монолитных решений. Для достижения цели рассмотрены показатели технологичности, продолжительности, трудоёмкости, стоимости, материалоёмкости, качества, надёжности, климатической зависимости и логистики.

Основная часть

В сборной системе колонны, ригели, стены, лестничные элементы и плиты перекрытий поступают на строительную площадку в готовом виде. Это сокращает объём мокрых процессов и позволяет быстро формировать этажи. Работы легче разбить на повторяющиеся монтажные циклы.

Монолитная система формируется непосредственно на объекте. Сначала устанавливается опалубка, затем монтируется арматура, укладывается бетонная смесь и выполняется уход за бетоном. После достижения требуемой прочности опалубка снимается или переставляется на следующий участок [7].

Сборно-монолитная система объединяет два подхода. Сборные элементы могут выполнять роль несущей части, несъёмной опалубки или основы для последующего бетонирования. Монолитные участки обеспечивают объединение отдельных деталей в единую систему [8, 9].

Сравнение технологических цепочек приведено на рисунке 1. В сборном варианте большая часть длительных операций выполняется до поступления элемента на объект. В монолитном варианте весь цикл проходит на площадке.

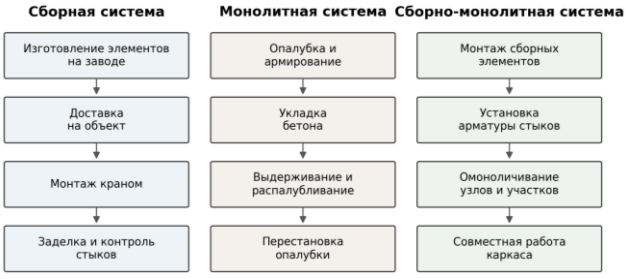


Рисунок 1. Укрупнённые технологические цепочки возведения железобетонных систем

В сборном строительстве значительная часть операций переносится на завод, тогда как в монолитном варианте основной цикл выполняется непосредственно на площадке. Сборно-монолитная технология сокращает объём площадочных процессов, но сохраняет необходимость качественного омоноличивания соединений.

Ни одна из систем не имеет абсолютного преимущества по всем критериям. Сборный вариант наиболее эффективен при серийности, монолитный при сложной геометрии, а сборно-монолитный позволяет получить промежуточное сочетание гибкости и скорости.

Наиболее наглядные количественные результаты приведены в исследовании технологичности железобетонных каркасов многоэтажных зданий [4]. Для одного расчётного объекта были сопоставлены монолитная схема с переставной опалубкой, сборный каркас, сборно-монолитный безригельный каркас и технология подъёма перекрытий.

Таблица 1
Качественное сравнение железобетонных систем

Критерий	Сборный железобетон	Монолитный железобетон	Сборно-монолитная система
Архитектурная гибкость	Ограничена типовыми элементами	Высокая	Средняя
Скорость монтажа	Высокая	Зависит от набора прочности бетона	Высокая
Работы на площадке	Небольшой объём	Большой объём	Средний объём
Контроль качества	В основном на заводе	На стройплощадке	На заводе и объекте
Зависимость от погоды	Низкая	Высокая	Средняя
Логистика	Перевозка готовых элементов	Бетон, арматура, опалубка	Элементы и бетон
Стыки	Требуют точного монтажа	Стыков меньше	Важна заделка узлов
Повторяемость	Желательна	Не обязательна	Желательна

По данным указанного сравнения, монолитный вариант имел трудоёмкость 1,31 чел.-дн./м³ и темп возведения 30 дней. Для сборного каркаса получено 0,18 чел.-дн./м³ и 21 день. Для сборно-монолитного универсального безригельного каркаса указано 0,08 чел.-дн./м³ и 12 дней.

Уровень механизации в рассмотренном примере возрастал от 3,63 % для монолитного варианта до 18,64 % для сборно-монолитного безригельного каркаса и 40,05 % для метода подъёма перекрытий [4]. Это отражает общую закономерность, чем больше операций выполняется готовыми крупными элементами, тем меньше доля ручного труда на единицу объёма.

Для монолитного строительства сокращение срока возможно при использовании крупнощитовой или тоннельной опалубки, раннем наборе прочности, параллельном армировании захваток и чётком ритме поставок бетонной смеси. Подчёркивается значение правильного выбора опалубочной системы и поточной организации работ [16].

Сборные и сборно-монолитные системы особенно эффективны при повторяющихся этажах и стабильной сетке колонн. В этом случае завод выпускает ограниченную номенклатуру изделий, транспорт работает по постоянному маршруту, а монтажная бригада повторяет одинаковые операции.

Особое значение имеет подготовительный период. Монтаж готовых изделий может начинаться быстро только после разработки рабочей документации, изготовления форм, выпуска первой партии и проверки опытных элементов.

Таблица 2
Показатели технологичности для сопоставленного расчётного объекта по данным [4]

Технология	Трудоёмкость, чел.-дн./м³	Производительность, м³/чел.-дн.	Уровень механизации, %	Темп, дней
Монолитный каркас в переставной опалубке	1,31	0,76	3,63	30
Сборный каркас	0,18	5,58	16,94	21
Сборно-монолитный безригельный каркас	0,08	12,97	18,64	12
Подъём перекрытий с поэтажными колоннами	0,04	27,76	40,05	8

В рассмотренном расчётном примере индустриальные технологии обеспечили заметное снижение трудоёмкости и продолжительности работ по сравнению с монолитным каркасом. Наиболее высокие показатели производительности и механизации получены при подъёме перекрытий, однако применение этой технологии зависит от конструктивной схемы здания.

В одном из исследований сборно-монолитный каркас оказался дешевле монолитного примерно на 29 % [5]. На итоговую стоимость также влияют масса каркаса, расход арматуры, серийность производства и расстояние до завода. Чем больше одинаковых элементов и ближе производство, тем выгоднее сборный вариант. При сравнении стоит учитывать не только строительство, но и дальнейшие расходы на отделку, ремонт и эксплуатацию.

Таблица 3
Результаты проектного сравнения девятиэтажной секции по данным [5]

Показатель	Монолитный вариант	Сборно-монолитный вариант	Изменение
Стоимость несущей системы	941 370	665 140,5	–29,3 %
Трудоёмкость каркаса, чел.-ч	5832	2890	–50,4 %
Продолжительность каркаса, мес.	4	3	–25 % по времени
Стоимость фундаментов	136 875	102 780	–24,9 %
Удельная стоимость несущей системы	250,1	176,8	–29,3 %

Для рассмотренной девятиэтажной секции переход к сборно-монолитному решению позволил уменьшить стоимость, трудоёмкость и продолжительность возведения каркаса. Полученный эффект относится к конкретному проекту и должен подтверждаться отдельным расчётом для каждого объекта.

Таблица 4
Отдельные показатели каркасных систем в расчётной базе исследования [1]

Вариант каркаса	Производственные затраты, тыс. руб./1000 м³	Трудоёмкость, чел.-ч/1000 м³	Кран, маш.-ч	Бетононасос, маш.-ч
RECON с несъёмной опалубкой	523,51	1481,98	73,91	7,06
RECON со сборным перекрытием	464,03	1681,09	72,17	0
ARCOS со сборными колоннами	410,59	1487,46	58,73	2,32
ARCOS с комбинированными колоннами	395,26	1431,94	55,42	3,22
ARCOS с монолитными колоннами	378,41	1370,93	51,82	4,20
Безригельная сборно-монолитная схема	383,60	1389,57	8,15	15,82
Монолитный рамный каркас	512,36	1856,00	43,96	13,37
Монолитный безригельный каркас	495,84	1793,49	0,30	25,34

Сборно-монолитные варианты в целом характеризуются меньшей трудоёмкостью, однако различаются по потребности в кранах и бетононасосах. Поэтому экономичность системы определяется не только стоимостью конструкций, но и составом используемых машин и организацией строительного потока.

Качество сборного элемента формируется в контролируемых заводских условиях. Постоянная оснастка позволяет выдерживать размеры и защитный слой, а лабораторный контроль проверять бетон и арматуру. В работе 2023 г. по результатам лабораторных испытаний оценивались прочность, жёсткость, трещиностойкость, прогибы и деформации сборных конструкций [14].

Для монолитных конструкций контроль переносится на строительную площадку. Требуется проверять положение арматуры, жёсткость и герметичность опалубки, удобоукладываемость смеси, качество вибрирования, высоту свободного падения, устройство рабочих швов и режим ухода.

В сборно-монолитной системе наиболее ответственными участками являются соединения. До омоноличивания отдельные элементы работают по монтажной схеме, которая может отличаться от окончательной. После набора прочности узел должен передавать усилия между колоннами, ригелями и перекрытиями [6].

Надёжность монолитного здания в период строительства также требует отдельной оценки [12]. До достижения проектной прочности бетон и временные опоры воспринимают нагрузки от рабочих, складируемых материалов, оборудования и бетонирования верхних этажей.

Принципиальная схема сборно-монолитного каркаса показана на рисунке 2. Она является обобщённой и не заменяет рабочий чертёж. На схеме выделены сборные колонны, ригели и плиты, а также монолитные зоны сопряжения. Именно в этих зонах обеспечивается передача усилий и совместная пространственная работа элементов.

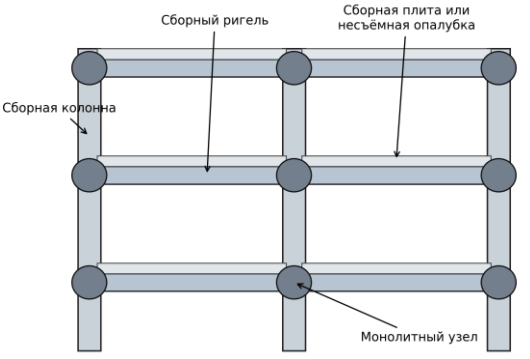


Рисунок 2. Обобщённая конструктивная схема сборно-монолитного каркаса

Пространственная работа сборно-монолитного каркаса обеспечивается совместным включением сборных элементов и монолитных участков. Наиболее ответственными зонами являются стыки колонн, ригелей и перекрытий, поэтому их устройство и временное закрепление требуют усиленного контроля.

Монолитный железобетон целесообразен при сложной форме, нестандартной сетке колонн, изменяемых планировках и необходимости формировать непрерывные стены или ядра жёсткости. Он удобен при отсутствии завода сборных конструкций в экономически оправданном радиусе.

Сборно-монолитная система может рассматриваться как рациональный вариант для многоэтажных зданий с повторяющимися этажами, когда требуется сократить труд на площадке, но сохранить пространственную жёсткость и определённую свободу планировки. Преимущество усиливается при использовании типовых колонн, ригелей или плит и ограниченного количества монолитных узлов.

При выборе следует проверять не только окончательную конструктивную схему, но и монтажные состояния. Должны быть определены временные опоры, порядок заделки стыков, прочность бетона перед снятием стоек, допустимое складирование материалов и момент передачи нагрузки на нижележащие этажи [11, 12, 19].

В таблице 6 приведены укрупнённые рекомендации. Они не заменяют проектного сравнения, но позволяют определить начальное направление. При высокой неопределённости целесообразно рассматривать два или три варианта на стадии концепции, а затем сравнивать их на одинаковой сетке нагрузок, площади и уровне готовности.

Таблица 5
Укрупнённые рекомендации по выбору железобетонной системы

Условия проекта	Предпочтительное направление	Основное обоснование	Что требуется проверить
Повторяющиеся этажи, завод расположен рядом	Сборная или сборно-монолитная система	Серийность, скорость, перенос труда на завод	Краны, транспорт, допуски и стыки
Сложная архитектура и частые изменения планировки	Монолитная система	Высокая свобода формы и расположения элементов	Опалубку, труд, сроки набора прочности
Ограниченный срок при стабильной сетке колонн	Сборно-монолитная система	Совмещение быстрого монтажа и монолитных связей	Ритм поставок и омоноличивание узлов
Стеснённая городская площадка	Монолитная либо поставка сборных элементов «с колёс»	Снижение потребности в складе	График транспорта и резерв на задержки
Длительный зимний период	Сборная или сборно-монолитная с малым объёмом мокрых процессов	Снижение объёма зимнего бетонирования	Температуру стыков, безопасность монтажа
Слабые грунты и чувствительность к массе	Облегчённая сборно-монолитная система	Снижение массы перекрытий и фундаментов	Жёсткость диска, стыки, особые воздействия

Предварительный выбор системы должен учитывать повторяемость здания, климат, логистику, ограничения площадки и характеристики грунтов. Приведённые рекомендации позволяют сузить число вариантов, но окончательное решение должно приниматься после технико-экономического и конструктивного расчёта.

Заключение

Проведённый анализ показал, что эффективность железобетонной системы определяется не только конструктивным материалом, но и местом выполнения основных операций. Сборный железобетон переносит изготовление на завод и сокращает объём работ на площадке.

По показателям скорости и трудоёмкости сборные и сборно-монолитные системы часто имеют преимущество при повторяемой геометрии и устойчивой производственной цепочке. В рассмотренных публикациях приводятся примеры снижения трудозатрат, продолжительности и стоимости несущей системы.

Монолитное строительство сохраняет ведущую роль для сложных, уникальных и изменяемых объектов. Его результат зависит от организации опалубочных и арматурных работ, качества бетонной смеси, ухода за бетоном и контроля монтажных нагрузок. В зимнее время требуется дополнительное технологическое обеспечение.

Сборно-монолитная система может быть рекомендована как одно из основных направлений применения сборного железобетона в условиях широкого распространения монолитного строительства. Наиболее рациональной областью являются многоэтажные здания с повторяющимися этажами, где заводские элементы позволяют ускорить процесс, а монолитные узлы обеспечивают совместную работу каркаса.

Таким образом, переход к монолитному строительству не означает полного отказа от сборного железобетона. Более обоснованным является совместное применение технологий.

Литература

1. Стрелкова М. Д., Стрелец К. И., Величкин В. З., Петроченко М. В. Эффективность применения сборно-монолитных каркасных систем в гражданском строительстве [Электронный ресурс] // Вестник МГСУ. — 2021. — Т. 16, № 11. — С. 1493–1507. — DOI: 10.22227/1997-0935.2021.11.1493-1507. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-sborno-monolitnyhkarkasnyh-sistem-v-grazhdanskom-stroitelstve
2. Лысова Ю. Д., Фомин Н. И., Байбурин А. Х. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть I [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2022. — Т. 22, № 2. — С. 61–67. — DOI: 10.14529/build220208. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-konstruktivno-tehnologicheskih-parametrov-zarubezhnyh-sborno-monolitnyh-sistem-grazhdanskih-zdaniy-chast-i
3. Лысова Ю. Д., Фомин Н. И., Байбурин А. Х. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть II [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2022. — Т. 22, № 3. — С. 53–60. — DOI: 10.14529/build220306. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-konstruktivno-tehnologicheskih-parametrov-zarubezhnyh-sborno-monolitnyh-sistem-grazhdanskih-zdaniy-chast-ii
4. Лялин Д. А., Пугач Е. М. Технологичность возведения железобетонных каркасов многоэтажных зданий [Электронный ресурс] // Вестник Евразийской науки. — 2022. — Т. 14, № 2. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologichnost-vozvedeniya-zhelezobetonnyh-karkasov-mnogoetazhnyh-zdaniy
5. Лыскова А. В., Самотканова Е. Д. Анализ возможности замены монолитного каркаса на сборно-монолитный каркас при строительстве жилого многоэтажного дома [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. — 2022. — № 10. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vozmozhnosti-zameny-monolitnogo-karkasa-na-sborno-monolitnyy-karkas-pri-stroitelstve-zhilogo-mnogoetazhnogo-doma
6. Луценко А. И., Арискин М. В. Исследование работы узлового сопряжения ригелей и колонн в сборно-монолитном железобетонном каркасе с применением системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] // Современное строительство и архитектура. — 2022. — № 7 (31). — С. 8–25. — DOI: 10.18454/mca.2022.28.8.002. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-raboty-uzlovogo-sopryazheniya-rigeley-i-kolonn-v-sborno-monolitnom-zhelezobetonnom-karkase-s-primeneniem-sistemy
7. Канаков И. Д., Новиков М. Ю., Кислякова Ю. Г. Анализ монолитных железобетонных конструкций в гражданском строительстве: преимущества, актуальные проблемы и возможные пути их решения [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2022. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-monolitnyh-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-v-grazhdanskom-stroitelstve-preimuschestva-aktualnye-problemy-i-vozmozhnye-puti-ih
8. Терентьев А. В., Терехова О. П. Особенности технологий сборно-монолитного каркасного строительства объектов [Электронный ресурс] // Вестник науки. — 2023. — Т. 2, № 5 (62). — С. 541–551. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tehnologiy-sborno-monolitnogo-karkasnogo-stroitelstva-obektov
9. Косарев В. Н. Особенности технологии сборно-монолитного многоэтажного домостроения [Электронный ресурс] // Современное строительство и архитектура. — 2023. — № 4 (35). — С. 8–17. — DOI: 10.18454/mca.2023.35.4.002. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tehnologii-sborno-monolitnogo-mnogoetazhnogo-domostroeniya
10. Колмакова Ю. Д., Фомин Н. И. Новые конструктивно-технологические решения для повышения технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий [Электронный ресурс] // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2023. — № 2 (57). — С. 88–93. — DOI: 10.25628/UNIIP.2023.57.2.015. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/novye-konstruktivno-tehnologicheskie-resheniya-dlya-povysheniya-tehnologicheskoy-zhivuchesti-sborno-monolitnyh-sistem-grazhdanskih
11. Миронова Ю. В., Сулейманов А. М. Конструктивное решение стыка колонн с перекрытием в сборно-монолитном каркасе для повышения сопротивляемости прогрессирующему разрушению [Электронный ресурс] // Известия КГАСУ. — 2023. — № 3. — С. 135–144. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktivnoe-reshenie-styka-kolonn-s-perekrytiem-v-sborno-monolitnom-karkase-dlya-povysheniya-soprotivlyaemosti
12. Комаров А. К. Надёжность многоэтажных зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона в период строительства [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2023. — С. 483–491. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-mnogoetazhnyh-zdaniy-s-nesuschimi-konstruktsiyami-iz-monolitnogo-zhelezobetona-v-period-stroitelstva
13. Хафизов Т. М., Байбурин А. Х., Денисов С. Е., Овчинников А. Д. Способ совмещённого строительства зданий и сооружений посредством опускающегося бетона [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2023. — Т. 23, № 1. — С. 37–47. — DOI: 10.14529/build230105. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-sovmeschennogo-stroitelstva-zdaniy-i-sooruzheniy-posredstvom-opuskayuschegosya-betona
14. Кудрявцев М. В., Шевчук А. С. Оценка прочности, жёсткости и трещиностойкости сборных железобетонных конструкций по результатам лабораторных испытаний [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2023. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prochnosti-zhestkosti-i-treschinostoykosti-sbornyh-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-po-rezultatam-laboratornyh-ispytaniy

15. Хафизов Т. М., Байбурин А. Х., Денисов С. Е. и др. Технология возведения многоэтажного сборно-монолитного здания в несъёмной железобетонной опалубке в зимнее время [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2024. — Т. 24, № 2. — С. 42–47. — DOI: 10.14529/build240206. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vozvedeniya-mnogoetazhnogo-sborno-monolitnogo-zdaniya-v-nesyomnoy-zhelezobetonnoy-opalubke-v-zimnee-vremya
16. Канаков И. Д. Анализ технологий каркасно-монолитного жилищного строительства в Российской Федерации: правила проектирования, особенности [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2024. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologiy-karkasno-monolitnogo-zhilischnogo-stroitelstva-v-rossiyskoy-federatsii-pravila-proektirovaniya-osobennosti
17. Перунов А. С. Характерные дефекты монолитных конструкций при нарушении технологии работ в зимнее время [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2024. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/harakternye-defekty-monolitnyh-konstruktsiy-pri-narushenii-tehnologii-rabot-v-zimnee-vremya
18. Линьков И. Е. Технико-экономический анализ различных конструктивных систем, применяемых в жилищном строительстве [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2025. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehniko-ekonomicheskiy-analiz-razlichnyh-konstruktivnyh-sistem-primenyaemyh-v-zhilischnom-stroitelstve
19. Колчунов В. И., Савин С. Ю., Кайдас П. А. Деформирование железобетонных сборно-монолитных элементов рамных каркасов в особой расчётной ситуации [Электронный ресурс] // Известия КГАСУ. — 2025. — № 2 (72). — С. 65–76. — DOI: 10.48612/NewsKSUAE/72.6. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/deformirovanie-zhelezobetonnyh-sborno-monolitnyh-elementov-ramnyh-karkasov-v-osoboy-raschetnoy-situatsii
20. Экба С. И. Повышение качества работ при возведении железобетонных жилых зданий [Электронный ресурс] // CyberLeninka. — 2026. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-rabot-pri-vozvedenii-zhelezobetonnyh-zhilyh-zdaniy

Comparative analysis of the efficiency of precast and cast-in-place reinforced concrete in modern construction

Esedullaev R.M.
Southwest State University

JEL classification: L61, L74, R53

A comparative analysis of precast, cast-in-place and composite precast-monolithic reinforced concrete systems used in modern civil construction was carried out. Cast-in-place concrete provides high architectural flexibility but requires considerable on-site labour and strict control of formwork, concreting and curing. Precast concrete accelerates erection and transfers a substantial part of quality control to the factory, while increasing requirements for transportation, cranes and joint accuracy. Composite systems combine factory-made elements with monolithic joints and may provide a balanced solution for repetitive multi-storey buildings. It is concluded that the preferred system should be selected for a particular project, taking into account the structural scheme, local production facilities, logistics and construction conditions.

Keywords: precast reinforced concrete; cast-in-place reinforced concrete; precast-monolithic frame; construction efficiency; labour intensity; construction duration.

References

1. Strelkova M. D., Strelets K. I., Velichkin V. Z., Petrochenko M. V. Efficiency of precast-monolithic frame systems in civil construction. CyberLeninka. 16, no. 11, pp. 1493–1507.
2. Lysova Yu. D., Fomin N. I., Baiburin A. Kh. Comparative analysis of structural and technological parameters of foreign precast-monolithic systems of civil buildings. Part I. CyberLeninka. 22, no. 2, pp. 61–67.
3. Lysova Yu. D., Fomin N. I., Baiburin A. Kh. Comparative analysis of structural and technological parameters of foreign precast-monolithic systems of civil buildings. Part II. CyberLeninka. 22, no. 3, pp. 53–60.
4. Lyalin D. A., Pugach E. M. Constructability of reinforced concrete frames of multi-storey buildings. CyberLeninka. 14, no. 2.
5. Lyskova A. V., Samotkanova E. D. Analysis of the possibility of replacing a cast-in-place frame with a precast-monolithic frame in a multi-storey residential building. CyberLeninka. 10.
6. Lutsenko A. I., Ariskin M. V. Study of beam-to-column joints in a precast-monolithic reinforced concrete frame using computer-aided design. CyberLeninka. 7 (31), pp. 8–25.
7. Kanakov I. D., Novikov M. Yu., Kislyakova Yu. G. Analysis of cast-in-place reinforced concrete structures in civil construction: advantages, current problems and possible solutions. CyberLeninka, 2022.
8. Terentyev A. V., Terekhova O. P. Features of precast-monolithic frame construction technologies. CyberLeninka. 2, no. 5 (62), pp. 541–551.
9. Kosarev V. N. Features of precast-monolithic multi-storey construction technology. CyberLeninka. 4 (35), pp. 8–17.
10. Kolmakova Yu. D., Fomin N. I. New structural and technological solutions for increasing the robustness of precast-monolithic systems of civil buildings. CyberLeninka. 2 (57), pp. 88–93.
11. Mironova Yu. V., Suleymanov A. M. Structural solution of a column-to-slab joint in a precast-monolithic frame to improve resistance to progressive collapse. CyberLeninka. 3, pp. 135–144.
12. Komarov A. K. Reliability of multi-storey buildings with cast-in-place reinforced concrete structures during construction. CyberLeninka, 2023, pp. 483–491.
13. Khafizov T. M., Baiburin A. Kh., Denisov S. E., Ovchinnikov A. D. Method of combined construction of buildings and structures using descending concrete. CyberLeninka. 23, no. 1, pp. 37–47.
14. Kudryavtsev M. V., Shevchuk A. S. Assessment of strength, stiffness and crack resistance of precast reinforced concrete structures based on laboratory tests. CyberLeninka, 2023.
15. Khafizov T. M., Baiburin A. Kh., Denisov S. E. et al. Winter construction technology of a multi-storey precast-monolithic building in permanent reinforced concrete formwork. CyberLeninka. 24, no. 2, pp. 42–47.
16. Kanakov I. D. Analysis of cast-in-place frame housing construction technologies in the Russian Federation: design rules and features. CyberLeninka, 2024.
17. Perunov A. S. Typical defects of cast-in-place structures caused by violations of winter construction technology. CyberLeninka, 2024.
18. Linkov I. E. Technical and economic analysis of structural systems used in housing construction. CyberLeninka, 2025.
19. Kolchunov V. I., Savin S. Yu., Kaidas P. A. Deformation of reinforced concrete precast-monolithic frame elements in a special design situation. CyberLeninka. 2 (72), pp. 65–76.
20. Ekba S. I. Improving work quality in the construction of reinforced concrete residential buildings. CyberLeninka, 2026.

Оценка эффективности современных архитектур глубокого обучения в задаче сегментации трещин

Архипов Вадим Олегович
магистрант, Сибирский государственный университет геосистем и технологий,

Шарапов Артем Андреевич
ст. преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, arhipov-vo2024@sgugit.ru

В работе исследуется применение алгоритмов глубокого обучения для сегментации трещин на фасадах зданий и сооружений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения объективности мониторинга технического состояния конструкций и снижения субъективности при визуальных инспекциях. Цель работы – разработка и экспериментальная апробация технологического подхода к автоматизированному выявлению и количественной оценке дефектов по фотографическим данным. В ходе исследования сформирован размеченный набор данных из 7173 изображений, обучены и сравнены архитектуры YOLO (версии 11 и 26), Mask R-CNN и Mask2Former с бэкбонами ResNet-50 и Swin-T. Наилучшие формальные показатели достигнуты моделью YOLO11x (mAP50 = 0,7177 для детекции, 0,6927 для сегментации), однако при визуальной оценке на реальных данных наиболее высокую полноту обнаружения дефектов показала модель Mask2Former Swin-T. Теоретическая значимость состоит в сравнительном анализе нейросетевых архитектур применительно к задаче сегментации малоразмерных объектов на сложном фоне. Практическая ценность заключается в возможности интеграции обученных моделей в системы цифрового мониторинга зданий и геоинформационные системы для автоматизированной фиксации дефектов и поддержки принятия управленческих решений при технической эксплуатации объектов.

Ключевые слова: техническое состояние зданий и сооружений, обнаружение деформаций, компьютерное зрение, глубокое обучение, сегментация изображений.

Введение

Анализ аварийных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации зданий и сооружений, показывает, что человеческий фактор часто приводит к игнорированию или сокрытию критических деформаций. Зачастую деформации фиксируются проверяющими лицами лишь формально, а их реальная динамика не отслеживается. Также, существующие методы визуального контроля не обеспечивают количественной оценки параметров дефектов и характеризуются высокой субъективностью [1–3].

Современные методы компьютерного зрения и глубокого обучения позволяют автоматизировать процессы выявления и анализа дефектов по цифровым изображениям. Однако существующие решения ограничены сложностями сегментации объектов с низкой плотностью пикселей, сложной геометрией и вариативным визуальным фоном, характерным для трещин строительных конструкций [4].

Целью работы является разработка и экспериментальная апробация метода автоматизированной сегментации трещин строительных конструкций на основе алгоритмов глубокого обучения.

Объектом исследования являются процессы мониторинга технического состояния строительных конструкций на основе анализа цифровых изображений.

Предметом исследования выступают методы и алгоритмы глубокого обучения для сегментации трещин на изображениях фасадов и несущих элементов зданий и сооружений.

Научная новизна исследования заключается в разработке подхода к обучению моделей сегментации для работы в условиях сложного визуального фона. Предложенный подход позволяет повысить точность выделения дефектов в условиях сложного визуального фона.

Теоретическая значимость работы состоит в анализе современных архитектур нейронных сетей на специфической задаче сегментации объектов с низкой плотностью пикселей и сложной геометрией. Это расширяет представления о применимости обученных моделей в техническом обследовании зданий и сооружений.

Практическая значимость заключается в разработке решения для автоматизированного выявления и дальнейшей оценки параметров деформаций зданий и сооружений. Результаты исследования могут быть использованы при создании систем цифрового мониторинга зданий, а также интегрированы в геоинформационные системы для пространственного анализа и учета дефектов строительных конструкций.

Сбор и предварительная обработка набора данных

Первым этапом исследования являлось формирование набора данных, предназначенного для обучения моделей сегментации трещин зданий и сооружений. Процесс подготовки включал поиск исходных изображений, их преобразование к единому виду и разметку согласно требованиям к обучению моделей. Исходные изображения фасадов и конструктивных элементов зданий отбирались из открытых источников в сети Интернет, а также из доступных к свободному использованию репозиториев.

Поскольку было необходимо выделять каждую трещину отдельно, чтобы на основе имеющихся данных можно было бы вычислить ее геометрию, использовались актуальные архитектуры, поддерживающие инстанс-сегментацию: YOLO, Mask RCNN и Mask2Former. (архитектуры на базе CNN и трансформеров).

Для обеспечения совместимости данных с рассматриваемыми архитектурами сверточных нейронных сетей была проведена техническая адаптация исходных материалов. Изображения высокого разрешения подвергались фрагментации и приведению к единому входному разрешению 800 на 800 пикселей. Чтобы избежать геометрических искажений и деформации структуры трещин при изменении разрешения, применялся метод дополнения кадра черными полями (padding). Это позволило сохранить исходное соотношение сторон объектов, что очень важно для корректного обучения алгоритмов сегментации [5–8].

Заключительная стадия подготовки данных заключалась в аннотировании изображений с использованием соответствующих инструментов. Разметка наборов данных, полученных из открытых источников была отредактирована и пересмотрена вручную.

Процесс ручной корректировки разметки изображений позволил устранить ошибки автоматической сегментации и уточнить границы мелких дефектов, что обеспечило высокую достоверность эталонных данных на последующих этапах обучения (рис. 1).



a) b) c)

Рис. 1. Примеры размеченных изображений

Итоговый размер набора данных составил 7173 изображения, из которых 5736 использовались для обучения моделей, а 1437 – для валидации. Разделение выборки осуществлялось с учетом обеспечения репрезентативности

данных по типам дефектов, условиям съемки и характеристикам объектов. Это позволило минимизировать смещение распределения признаков и обеспечить корректную оценку обобщающей способности обучаемых моделей.

Обучение моделей и анализ результатов

Для проведения экспериментов по обучению моделей сегментации использовались фреймворки Ultralytics и обновленная версия набора инструментов для обучения и использования моделей обнаружения и сегментации объектов mmdetection. Данный выбор обусловлен наличием в них набора моделей с предобученными весами, полученными на датасете COCO [9–11].

Управление версиями набора данных осуществлялось с применением платформы Roboflow Universe. Экспорт аннотаций выполнялся посредством Python SDK. Для обеспечения совместимости с выбранными фреймворками данные были приведены к форматам COCO JSON и YOLO.

Процессы конфигурирования и инициализации обучения в выбранных фреймворках имеют принципиальные различия в уровне абстракции и степени контроля над гиперпараметрами.

Фраймворк Ultralytics реализует высокоуровневый подход, основанный на инкапсуляции сложных настроек и минимизируя участие пользователя. Инициализация обучения осуществляется с использованием интерфейса командной строки (CLI) или высокоуровневого Python API. При этом автоматизируются процессы построения вычислительного графа модели и предустановки базовых стратегий аугментации данных, что ускоряет цикл разработки, но ограничивает возможности низкоуровневой модификации алгоритмов [12].

В отличии от этого MMDetection строится на принципах модульного подхода и требует детальной декомпозиции каждой модели через систему конфигурационных файлов. Для каждой архитектуры формируется индивидуальная конфигурация, описывающая не только структуру сети, но и специфику обработки данных на каждом этапе. Несмотря на повышенную сложность настройки, такой подход обеспечивает более полный контроль, позволяя изменять параметры компонентов и управлять процессом обучения [13].

Несмотря на различия в реализации, общий алгоритм подготовки к обучению в обоих фреймворках включает следующие этапы:

выбор архитектуры модели из набора предобученных решений;

задание путей к изображениям и файлам аннотаций в форматах YOLO или COCO;

настройка гиперпараметров обучения, а именно установка лимитов (количество эпох/итераций), размера пакета данных, а также выбор оптимизатора и стратегии изменения темпа обучения;

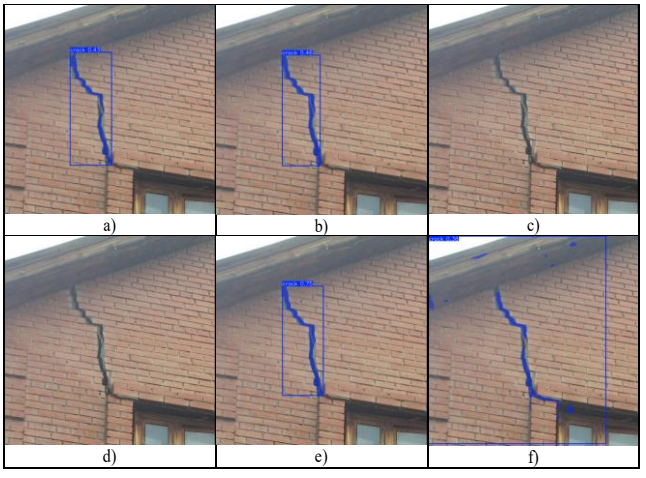
запуск процесса обучения на вычислительных ресурсах с последующим мониторингом метрик качества в режиме реального времени.

Обучение моделей выполнялось на графическом ускорителе NVIDIA GeForce RTX 4090 в среде JupyterHub с использованием официальных Docker-образов фреймворков. Результаты обучения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Точность обученных моделей (mAP)

Модель	Bbox mAP50-95	Bbox mAP50	Segm mAP50-95	Segm mAP50
Mask rcnn r50	0,4470	0,6400	0,1320	0,3820
Mask2Former r50	0,3480	0,4900	0,1920	0,4680
Mask2Former swin-t	0,3650	0,5130	0,2050	0,4940
Yolo11x	0,5709	0,7177	0,3237	0,6927
Yolo11l	0,5540	0,7120	0,3037	0,6776
Yolo11m	0,5405	0,7139	0,3035	0,6729
Yolo26x	0,4879	0,6727	0,2515	0,6174
Yolo26l	0,4946	0,6835	0,2585	0,6216
Yolo26m	0,4978	0,6824	0,2606	0,6308



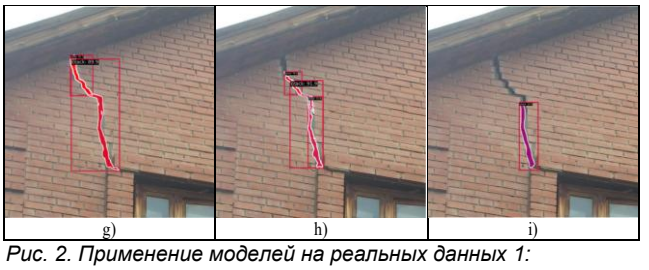


Рис. 2. Применение моделей на реальных данных 1:

Наивысшие формальные показатели точности продемонстрировала архитектура YOLO11x, достигнув значений mAP50 в 0,7177 для детекции и 0,6927 для сегментации. YOLO26 показала более низкие результаты по сравнению с YOLO11.

Модель Mask R-CNN r50 показала минимальную точность формирования масок среди всех рассматриваемых решений (Segm mAP50 = 0,3820).

Модели Mask2Former (с бэкбонами ResNet-50 и Swin-T) заняли промежуточное положение по метрикам mAP. При этом переход от сверточного бэкбона к трансформерному (Swin-T) позволил увеличить точность сегментации с 0,4680 до 0,4940 (mAP50). Кроме того, модель с бэкбоном Swin-T продемонстрировала наиболее высокую точность и полноту наложения масок при визуальном осмотре результатов сегментации на реальных данных (рис. 2, 3).

a) YOLO 26x; b) YOLO 26l; c) YOLO 26m; d) YOLO 11x; e) YOLO 11l; f) YOLO 11m; g) Mask2Former Swin-T; h) Mask2Former R50; i) Mask R-CNN R50

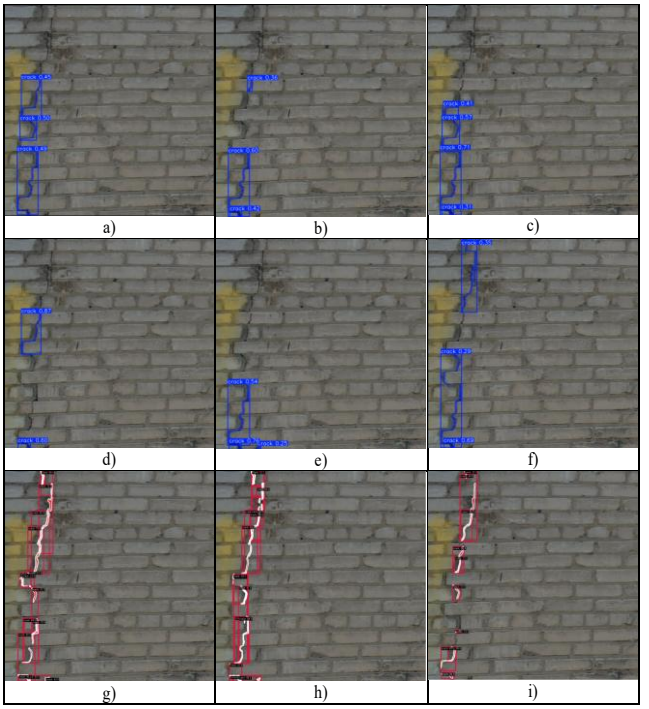


Рис. 3. Применение моделей на реальных данных 2:

a) YOLO 26x; b) YOLO 26l; c) YOLO 26m; d) YOLO 11x; e) YOLO 11l; f) YOLO 11m; g) Mask2Former Swin-T; h) Mask2Former R50; i) Mask R-CNN R50

Из проведённых экспериментов можно сделать вывод, что модель Mask2Former с архитектурой Swin-T демонстрирует более высокую полноту обнаружения дефектов на реальных данных по сравнению с другими рассматриваемыми моделями. Низкие значения mAP обусловлены фрагментацией протяженных сегментов трещин, что приводит к штрафам при оценке по метрике COCO. Однако данный эффект не снижает практическую применимость модели, поскольку выявление дефектов сохраняет достаточную точность для задач мониторинга.

Заключение

Результатом проведенного исследования является реализация полного цикла подготовки данных и обучения моделей глубокого обучения для сегментации дефектов строительных конструкций.

В результате был сформирован и верифицирован набор данных для обучения алгоритмов сегментации. В рамках данного этапа выполнена предварительная обработка изображений. Реализованы два независимых процесса обучения, учитывающих архитектурные особенности выбранных фреймворков.

В среде Ultralytics обучены модели семейства YOLOv26 и YOLOv11 для задач сегментации, которые в свою очередь характеризуются высокой скорость инференца и возможностью эффективной последующей оптимизации в форматы ONNX и TensorRT.

В среде MMDetection настроены и обучены более сложные архитектуры, включая двухэтапный детектор Mask R-CNN и трансформерную модель Mask2Former с использованием базовых архитектур Swin-T и ResNet-50 [14–16].

Проведённое исследование подтверждает эффективность применения современных архитектур глубокого обучения для автоматизации задач диагностики строительных конструкций. В результате получено комплексное решение, включающее подготовленный набор данных, настроенную вычислительную инфраструктуру и совокупность обученных моделей, пригодных для дальнейшего тестирования и интеграции в системы автоматизированного мониторинга технического состояния зданий, в том числе в составе геоинформационных систем.

Литература

1. В Оренбурге обрушилась школа // Эксперт-Урал : сетевое издание. – 2008. – 6 окт. – URL: https://expert-ural.com/archive/40-348/v-orenburge-obrushilas-shkola.html (дата обращения: 19.11.2025).
2. В обрушении дома по ул. Куйбышева, 103 оказались виноваты осадка фасада и кондиционер // Новости Перми : информационный портал. – 2015. – 25 авг. – URL: https://permnews.ru/novosti/society/2015/08/25/v_obrushenii_doma_po_ul__kuybysheva_103_okazalis_vinovaty_osadka_fasada_i_kondicioner/ (дата обращения: 19.11.2025).
3. В Петербурге эвакуировали дом на Большой Зелениной из-за угрозы обрушения // Собака.ru : журнал о людях в Петербурге. – 2024. – 4 авг. – URL: https://www.sobaka.ru/city/city/203634 (дата обращения: 19.11.2025).
4. Филонова Марьяна Андреевна, Широбокова Светлана Николаевна Сравнительный анализ моделей глубоких свёрточных сетей для сегментации дефектов в строительных конструкциях // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2025. №. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-modeley-glubokih-svyortochnyh-setey-dlya-segmentatsii-defektov-v-stroitelnyh-konstruktsiyah (дата обращения: 19.11.2025).
5. Unel, F. O. The Power of Tiling for Small Object Detection / F. O. Unel, B. O. Ozkalayci, C. Cigla // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops. – 2019. – P. 9–15.
6. Siriborvornratanakul, T. Downstream Semantic Segmentation Model for Low-Level Surface Crack Detection / T. Siriborvornratanakul // Advances in Multimedia. – 2022. – Vol. 2022. – Art. 3712289. – 12 p. – URL: https://doi.org/10.1155/2022/3712289 (дата обращения: 19.11.2025).
7. K. Ma, M. Hao, W. Shang // Study on the Influence of Label Image Accuracy on the Performance of Concrete Crack Segmentation Network Models // Sensors. – 2024. – Vol. 24, I. 4. – Art. 1068. – URL: https://doi.org/10.3390/s24041068 (дата обращения: 19.11.2025).
8. Шарден, Б. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python : учебное пособие / Б. Шарден, Л. Массарон, А. Боскетти ; перевод с английского А. В. Логунова. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – ISBN 978-5-97060-506-6. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/105836 (дата обращения: 19.11.2025). Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Васильев М. Е., Шалимов А. С., Савина О. А. Обзор версий YOLO: одноэтапная модель сверточной нейронной сети // Universum: технические науки. 2025. №6 (135). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-versiy-yolo-odnoetapnaya-model-svertochnoy-neyronnoy-seti (дата обращения: 19.11.2025).
10. Архипов, В. О. Обучение нейросети для поиска людей по фотоснимкам, полученным с БПЛА / В. О. Архипов, А. А. Шарапов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 7, № 1. – С. 29-34. – EDN PXEMPJ. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69212979_44018838.pdf (Дата обращения 19.11.2025).
11. Архипов В. О. Автоматизация распознавания объектов на космических снимках методами глубокого обучения / В. О. Архипов. – Текст : электронный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь : XXI Международный научный конгресс, 21–22 мая 2025 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 6 : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке». – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – Т. 6, № 1. – с. 9-15. – DOI 10.33764/2618-981X-2025-6-1. URL: https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2025/tom-6/009-015.pdf (Дата обращения 10.02.2026).
12. Ultralytics YOLO: Open-source computer vision models / Ultralytics. – 2023. – URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics (дата обращения: 19.11.2025).
13. OneDL MMDetection: Open source object detection toolbox based on MMDetection / VBTI Development. – 2023. – URL: https://github.com/VBTI-development/onedl-mmdetection (дата обращения: 19.11.2025).
14. Cheng, B. Masked-attention Mask Transformer for Universal Image Segmentation / B. Cheng, I. Misra, A. G. Schwing [et al.] // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 1290–1299. – URL: https://arxiv.org/pdf/2112.01527 (дата обращения: 19.03.2026).
15. Redmon, J. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick [et al.] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 779–788. – URL: https://arxiv.org/pdf/1506.02640 (дата обращения: 19.03.2026).
16. He, K. Mask R-CNN / K. He, G. Gkioxari, P. Dollár [et al.] // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – P. 2961–2969. – URL: https://arxiv.org/pdf/1703.06870 (дата обращения: 19.03.2026).

Definition of the Characteristics of the Unmanned Aviation System when Carrying out Search and Rescue Operations in Wetted Areas

Arkhipov V.O., Sharapov A.A.
Siberian State University of Geosystems and Technologies

JEL classification: L61, L74, R53

This paper investigates the application of deep learning algorithms for crack segmentation on building facades and structural elements. The relevance of the study stems from the need to improve the objectivity of structural health monitoring and to reduce subjectivity inherent in visual inspections. The aim of the work is to develop and experimentally test a technological approach for automated defect detection and quantitative assessment based on photographic data. In the course of the research, a labeled dataset of 7,173 images was compiled, and several architectures were trained and compared, including YOLO (versions 11 and 26), Mask R-CNN, and Mask2Former with ResNet-50 and Swin-T backbones. The highest formal performance was achieved by YOLO11x (mAP50 = 0.7177 for detection and 0.6927 for segmentation); however, in visual evaluation on real-world data, the Mask2Former Swin-T model demonstrated the highest recall in defect detection. The theoretical significance lies in a comparative analysis of neural network architectures for segmenting small-scale objects against complex backgrounds. The practical value consists in the potential integration of the trained models into digital building monitoring systems and geographic information systems for automated defect recording and decision support in building maintenance and operation.

Keywords: structural health monitoring, deformation detection, computer vision, deep learning, image segmentation.

References

1. V Orenburge obrushilas' shkola [A school collapsed in Orenburg]. Ekspert-Ural: setevoe izdanie [Expert-Ural: online edition]. 2008, October 6. Available at: https://expert-ural.com/archive/40-348/v-orenburge-obrushilas-shkola.html (accessed November 19, 2025) [in Russian].
2. V obrushenii doma po ul. Kuybysheva, 103 okazalis' vinovaty osadka fasada i konditsioner [The collapse of the house on Kuybyshev St., 103 was caused by facade settlement and an air conditioner]. Novosti Permi: informatsionnyy portal [Perm News: information portal]. 2015, August 25. Available at: https://permnews.ru/novosti/society/2015/08/25/v_obrushenii_doma_po_ul__kuybysheva_103_okazalis_vinovaty_osadka_fasada_i_kondicioner/ (accessed November 19, 2025) [in Russian].
3. V Peterburge evakuirovali dom na Bol'shoy Zeleninoy iz-za ugrozy obrusheniya [A house on Bolshaya Zelenina was evacuated in St. Petersburg due to the threat of collapse]. Sobaka.ru: zhurnal o lyudyakh v Peterburge [Sobaka.ru: a magazine about people in St. Petersburg]. 2024, August 4. Available at: https://www.sobaka.ru/city/city/203634 (accessed November 19, 2025) [in Russian].
4. Filonova, M. A., & Shirobokova, S. N. (2025). Sravnitel'nyy analiz modeley glubokikh svyortochnykh setey dlya segmentatsii defektov v stroitel'nykh konstruktsiyakh [Comparative analysis of deep convolutional network models for defect segmentation in building structures]. Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskie nauki [University News. North Caucasus Region. Technical Sciences Series], (6). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-modeley-glubokih-svyortochnyh-setey-dlya-segmentatsii-defektov-v-stroitelnyh-konstruktsiyah (accessed November 19, 2025) [in Russian].
5. Unel, F. O., Ozkalayci, B. O., & Cigla, C. (2019). The Power of Tiling for Small Object Detection. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, pp. 9–15.
6. Siriborvornratanakul, T. (2022). Downstream Semantic Segmentation Model for Low-Level Surface Crack Detection. Advances in Multimedia, 2022, Art. 3712289, 12 p. DOI 10.1155/2022/3712289 (accessed November 19, 2025).
7. Ma, K., Hao, M., & Shang, W. (2024). Study on the Influence of Label Image Accuracy on the Performance of Concrete Crack Segmentation Network Models. Sensors, 24(4), Art. 1068. DOI 10.3390/s24041068 (accessed November 19, 2025).
8. Sharden, B., Massaron, L., & Boskетti, A. (2018). Krupnomasshtabnoe mashinnoe obuchenie vmeste s Python [Large Scale Machine Learning with Python]. Moscow: DMK Press Publ., 978-5-97060-506-6. Available at: https://e.lanbook.com/book/105836 (accessed November 19, 2025) [in Russian].
9. Vasil'ev, M. E., Shalimov, A. S., & Savina, O. A. (2025). Obzor versiy YOLO: odnoetapnaya model' svertochnoy neyronnoy seti [YOLO versions overview: a single-stage convolutional neural network model]. Universum: tekhnicheskie nauki [Universum: Technical Sciences], 6(135). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-versiy-yolo-odnoetapnaya-model-svertochnoy-neyronnoy-seti (accessed November 19, 2025) [in Russian].
10. Arkhipov, V. O., & Sharapov, A. A. (2024). Obuchenie neyroseti dlya poiska lyudey po fotosnimkam, poluchennym s BPLA [Neural network training for searching people using UAV imagery]. Interekspo Geo-Sibir' [Interexpo GEO-Siberia], 7(1), 29–34. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69212979_44018838.pdf (accessed November 19, 2025) [in Russian].

Развиваемые в России направления устойчивого проектирования транспортных сооружений

Овчинников Илья Игоревич
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой АО «Мостострой-11», Тюменский индустриальный университет; советник РААСН, bridgeart@mail.ru,

Мавзовин Владимир Святославович
кафедра высшей математики, Институт цифровых технологий и моделирования в строительстве (ИЦТМС), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, mavzovin@mail.ru,

Овчинников Игорь Георгиевич
доктор технических наук, профессор, Тюменский индустриальный университет, bridgesar@mail.ru

Концепция устойчивого проектирования (Sustainable design) транспортных сооружений требует перехода от простого увеличения срока службы к комплексной экологической, экономической и информационной безопасности. Цель данного обзора — систематизировать передовые российские и мировые практики экологически рационального мостостроения. В работе анализируются девять ключевых направлений: от применения атмосферостойких сталей, алюминиевых сплавов и полимерных композитов до внедрения углеродно-негативных бетонов и трубобетонных конструкций. Отдельное внимание уделено интеграции возобновляемых источников энергии и бионическому подходу. Кроме того, обоснована необходимость формирования стратегии информационной защиты инфраструктурных объектов от деструктивного влияния вирусных фейков. Результаты работы могут быть использованы проектировщиками для выбора оптимальных решений, повышающих жизненный цикл сооружений и снижающих их углеродный след.

Ключевые слова: транспортное сооружение, идеальный мост, устойчивое проектирование, антикоррозионная защита, трубобетон, возобновляемая энергетика, бионический подход, информационная безопасность.

Introduction

Ensuring the durability of transport structures has traditionally been considered through the prism of fracture mechanics and construction economics. The idea of intentionally reducing the service life of products (planned obsolescence), applied in mechanical engineering to stimulate demand, is categorically inapplicable to bridge structures due to their colossal cost and social significance. Under modern conditions, a reasonable compromise is the concept of sustainable design, aimed at maximizing the life cycle while minimizing harmful environmental impact at all stages: from the production of materials to disposal [1–5].

Despite the growing interest in this concept, domestic practice lacks a systematized review of modern materials and technologies capable of ensuring the ecological and energy rationality of transport objects. The present article is intended to fill this gap. We examine in detail nine promising directions of sustainable design being implemented in Russia and worldwide, and also raise the little-studied problem of the information vulnerability of engineering structures in the face of the spread of fake news.

1. Possible Directions of Environmentally Rational Design of Bridge Structures

1.1. The Concept of an Ideal Bridge Structure

The application of the concept of an ideal bridge structure requires a correct assessment of durability [6]. Traditional damage parameters, such as stresses or deformations, are not always objective. For example, a reduction in stresses in a certain zone does not guarantee a decrease in the probability of its failure. Therefore, for the assessment of durability, it is advisable to apply the theory of damage accumulation in scalar or tensor variants.

1.2. Use of Weathering Steels

The use of weathering steels (for example, grade 14KhGNDTs) makes it possible to dispense with the application of protective paint coatings, which eliminates the negative impact of paints on the environment. The first practical implementation of this technology in Russia was carried out on railway infrastructure objects. In the period of 1989–1990, three superstructures with a span of 55 m were erected in three regions of the country. The structures were manufactured by the Voronezh plant from steel grade 14KhGNDTs (Rus ver. - 14ХГНДЦ)



Fig. 1. Elements of bridge superstructures made of weathering steel after 21 years of operation without the use of a paint coating. Source [7].

In the field of highway bridge construction, until recently, examples of the use of weathering steel grade 14KhGNDTs were absent. Its first application was realized during the construction of the new first-category highway M-11 "Neva": on the overpass located at station 2565+44.29, as well as on the bridge across the Shosha River at station 1260+38.

1.3. Use of Aluminum Alloys

The use of aluminum alloys in bridge structures makes it possible to completely dispense with the installation of anticorrosion protection. In the Nizhny Novgorod region, bridge structures made of these alloys were erected, including pedestrian and highway bridges, which have proven their high efficiency.



Fig. 2. Overpass at station 2565+44.29 on the first-category highway M-11 "Neva". Source [7]



Fig. 3. Bridge across the Shosha River at station 1260+38. Source [7]



Fig. 4. Pedestrian bridge made of aluminum alloys. Source [7].

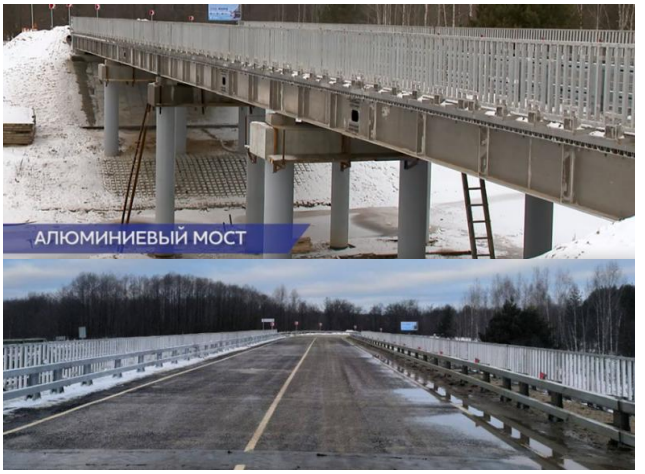


Fig. 5. Highway bridge made of aluminum alloys. Source [7].

1.4. The Pareto Principle in Anticorrosion Protection

The use of the Pareto principle in the design of anticorrosion protection systems presupposes taking into account that the direct cost of protective materials accounts for only about 20% of the total costs. The main share of expenses (approximately 80%) falls on surface preparation, the installation of auxiliary structures, and the performance of related operations necessary for the environmentally safe application of coatings.

In this regard, it is advisable to give preference to more expensive but high-resource protective systems. Their use makes it possible to reduce the frequency of repainting, increase the economic return over the life cycle, and reduce the negative impact on the environment [8]. Figure 6 shows the satisfactory condition of the Stelpant paint coating with a thickness of 220–263 μm, recorded on the elements of a bridge located in a coastal zone.

1.5. Implementation of Polymer Composite Materials

In recent years, fiberglass and carbon fiber materials have been finding increasingly wide application. They are mainly used in the superstructures of pedestrian bridges; however, attempts are being made to implement composite solutions for highway bridges as well. To date, about thirty pedestrian bridges with composite superstructures up to 38 m in length have been manufactured and built in Russia.



Fig. 6. Condition of the anticorrosion protection system of the bridge across the Matsesta River in the city of Sochi after 20 years of operation. Photo by the authors.



Fig. 7. Environmental measures during anticorrosion protection of bridge structures [8].

In general, five main directions of application of these materials can be identified. The first is related to the creation of bridge structures entirely or of individual elements thereof from polymer composite materials.



Fig. 8. Bridge superstructure made of polymer composite material. Source [7].

The second direction provides for the use of non-metallic composite reinforcement in the reinforcement of concrete structures.

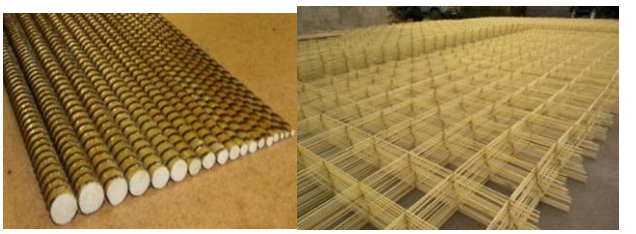


Fig. 9. Examples of bar-type polymer composite reinforcement. Source [7].

The third direction is related to the use of composite materials for the strengthening of existing metal and reinforced concrete bridge structures.

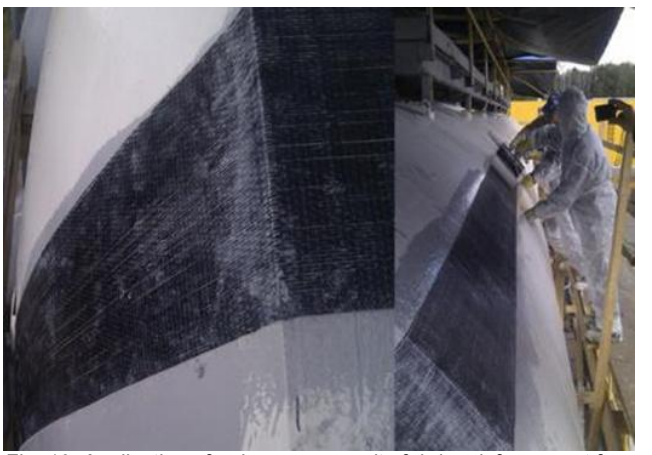


Fig. 10. Application of polymer composite fabric reinforcement for strengthening elements of bridge structures. Source [7].

At the same time, it should be noted that the current regulatory documents (in particular, clause 5.4 of SP 35.13330.2011) take a rather restrained approach to the issues of introducing polymer composite materials in bridge construction.

The fourth direction consists in the use of composites in elements subjected to relatively small loads, such as railing fences, drainage troughs, and noise barriers. Railing fences made of polymer composites have a number of important advantages: corrosion and biological resistance, color stability, high strength at a relatively low weight (5 times lighter than steel), as well as dielectric properties.

However, polymer composites also have disadvantages related to the need to ensure their fire safety [9], as well as a high sensitivity to installation inaccuracies (Fig. 11).



Fig. 11. Deviation of the railing fence axis from the design position [10].

The fifth direction is the manufacture of structures from recycled polymers. The use of polymer waste as secondary raw material will make it possible to solve problems related to ecology and disposal [11].



Fig. 12. Pedestrian plastic bridge made of recycled polymer materials withstands a truck [11].

1.6. Application of Modern Concrete Modifications

Approximately 90% of load-bearing structures are erected using concrete. The advantages of concrete include the possibility of using local materials, a wide range of mechanical properties, and low labor costs. Recently, high performance concretes have appeared [12], with the use of which bridges and overpasses on the Moscow Ring Road, the "Floating Bridge" in Moscow, and others have been erected.



Fig. 13. Monolithic post-tensioned superstructure of the "Floating Bridge" in Zary

adye Park [13].

Of particular note are the developments of carbon-negative materials (for example, enzymatic structural material — ESM), in which an enzyme (carbonic anhydrase) catalyzes reactions with atmospheric CO_2. According to preliminary laboratory data, the creation of 1 m³ of ESM can absorb more than 6 kg of CO_2 (unlike ordinary concrete, which emits about 330 kg). However, this material requires additional field testing in various climatic conditions before mass implementation.

1.7. Concrete-Filled Steel Tube Structures

One of the promising directions is the application of concrete-filled steel tube structures in the construction of small bridges. Of greatest interest are elements working in bending, which can be effectively used as beams of superstructures and load-bearing elements of arch structures [14, 15].



Fig. 14. Installation of arched concrete-filled steel tube elements of a soil-filled bridge in the Ulyanovsk region [14, 15].

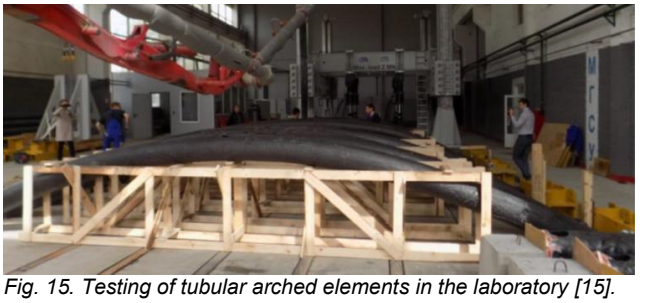


Fig. 15. Testing of tubular arched elements in the laboratory [15].

Concrete-filled steel tube elements acquire particular efficiency when used with second-hand pipes as the outer shell of the structure, which solves the problem of disposal of pipeline system waste.



Fig. 16. Concrete-filled steel tube superstructure using second-hand pipes and possible variants of pipe cross-section filling.

1.8. Integration of Renewable Energy Sources into Bridge Structures

It includes the installation of wind generators, solar panels, hydrogenerators on supports, as well as the use of piezoelectric elements as part of the bridge deck.

At present, the majority of energy consumed by humans is generated from natural gas, oil, and nuclear energy. However, all these sources are non-renewable and may be depleted in the future. In this regard, the question arises of possible ways to meet energy needs in the future. One of the solutions is the use of continuously occurring natural processes, as well as plant raw materials and organic waste. The energy obtained in this way belongs to the category of renewable energy. Wind energy installations, solar power plants, and hydroelectric power plants using the energy of water flows are used as its sources.

It should be noted that the operating principle of hydroelectric power plants is based on the conversion of the potential and kinetic energy of falling water into electrical energy. This method has a number of advantages compared to other technologies for the use of renewable resources, since the efficiency of hydroelectric installations, as a rule, exceeds the corresponding indicators of solar and wind power plants.



Fig. 17. Submersible turbine of a free-flow small hydroelectric power station [19].

Bridge structures possess the potential for energy generation. Wind energy installations, solar power plants, and hydroelectric power plants are used as its sources.

Use of hydrogenerators. Hydrogenerators are placed underwater near bridge supports. Small free-flow hydroelectric power stations do not require frequent maintenance and have a high efficiency (more than 90%).

Use of wind generators. Wind generators are proposed to be installed under viaducts, since air flows between the supports develop higher speeds. Patents for wind generators with a vertical axis of rotation mounted on the pylons of bridge structures are also described.



Fig. 18. Arrangement of wind generators on a viaduct [17].

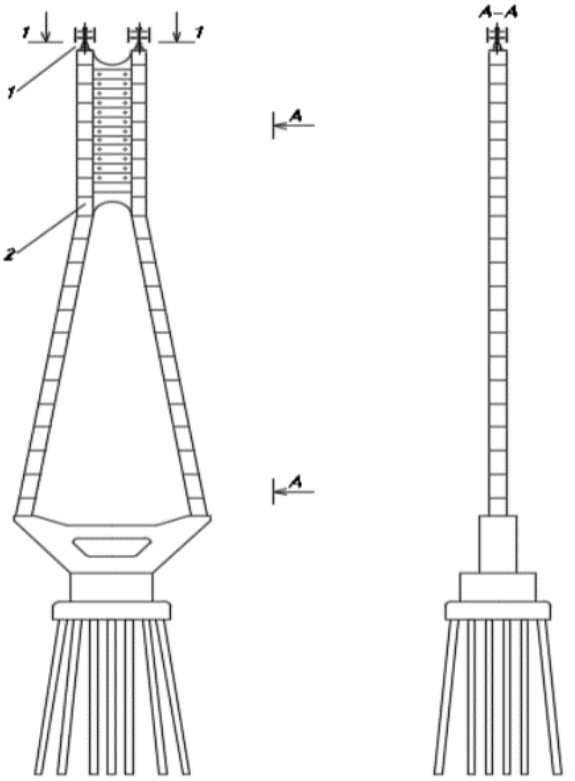


Fig. 19. General view of a bridge structure pylon with an installed wind generator: 1 – wind generator; 2 – A-shaped pylon [18].

Use of solar panels. At present, solar panels are widely used for generating electricity, including on bridge structures.



Fig. 20. Solar panels on the Levi's Stadium bridge.

Use of piezoelectric and triboelectric generators. A promising innovative direction in the field of renewable energy sources is piezoelectric generators, functioning on the basis of the piezoelectric effect. The essence of this phenomenon consists in the emergence of electric charges on the surface of a material upon its mechanical deformation. Due to their small working area, piezogenerators are finding increasing application in road surfaces, since they do not create restrictions for the movement of vehicles and pedestrians. The possibility of their integration directly into the structure of the roadway ensures both safety and efficiency of use, implementing the principle: the volume of generated energy corresponds to the magnitude of the mechanical impact.

As an example, one can cite the experience of Japan, where at the Marunouchi Station of the metropolitan subway a piezoelectric floor has been installed, converting the energy of passengers' steps into electrical energy sufficient to power the turnstiles. At the same time, a significant disadvantage of this technology is the low power of individual piezoelectric elements, which requires their use in large quantities. This circumstance significantly increases the cost of the system and reduces its economic efficiency in mass implementation.

The application of triboelectric generators, converting the energy of bridge deck vibrations into electricity, is also described (Fig. 21).

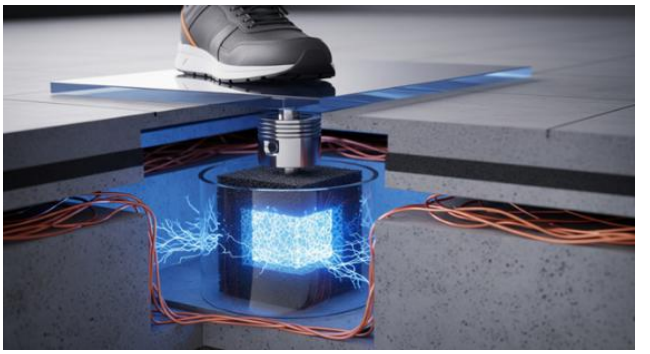


Fig. 21. Schematic of the operation of a triboelectric nanogenerator.

1.9. Bionic Approach

The use of this approach is based on borrowing the principles and forms of living nature to solve engineering problems in bridge construction.

Bionics in bridge construction is applied at the macro level (borrowing external forms) and at the micro level (using the adaptive and self-regulating properties of living organisms).

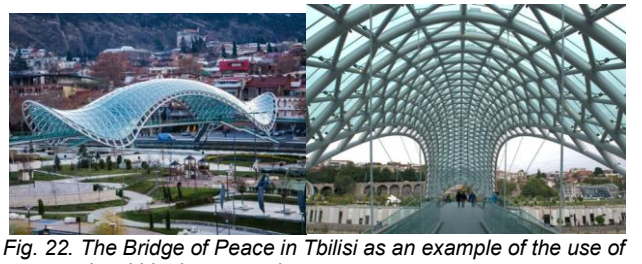


Fig. 22. The Bridge of Peace in Tbilisi as an example of the use of a macro-level bionic approach



Fig. 23. The Helix Bridge pedestrian bridge in Singapore as an example of a micro-level bionic approach [20].

2. Information Sustainability and Protection of the Reputation of Engineering Structures

Sustainable design traditionally focuses on the physical durability and environmental friendliness of materials. However, in the era of digitalization, an equally important aspect is the information sustainability of an object. Innovative infrastructure projects require enormous investments and public recognition. Viral myths and fake news can instantly destroy the reputation of even a technically flawless structure, which leads to an increase in maintenance costs and a decline in trust in engineering innovations as a whole.

Illustrative in this regard is the analysis of recent information attacks on historical engineering objects. In 2024, mass reports appeared online about Paris's readiness to carry out the dismantling of the Eiffel Tower due to "structural deterioration." These reports led to the appearance of numerous emotional comments about the "end of an era" having arrived.



Fig. 24. View of the Eiffel Tower.

The original source of this fake was humorous information in a satirical online magazine. However, a couple of weeks later, the tower was closed for an entirely different reason (due to a strike by public sector workers). For safety reasons, the tower was closed for several days, and photographs of the closed ticket offices served as "evidence" for supporters of the demolition rumors.

The Eiffel Tower is a monument of engineering art that undergoes regular inspection using modern non-destructive testing methods every 7 years. The situation with the tower demonstrates that modern engineering objects depend on their public perception. Large infrastructure objects must possess a strategy of information protection. The spread of rumors about the unsafety of an object leads to a decrease in its value. Therefore, information security should be considered as a new direction of construction expertise, and the engineering community needs to participate more actively in public education.

Conclusion

Sustainable design of transport structures represents a complex task that goes beyond the simple selection of materials. Modern engineering practice must integrate the use of weathering steels, composites, energy-saving concretes, and renewable energy sources. At the same time, the implementation of innovations requires not only the resolution of technical and regulatory tasks but also the formation of a culture of information sustainability capable of protecting the results of engineering labor from the destructive influence of media fakes.

Directions in Sustainable Design of Transport Structures Developed in Russia

Ovchinnikov Il.I., Mavzovin V.S., Ovchinnikov I.G.
Tyumen Industrial University, RAASN, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Institute of Digital Technologies and Modeling in Construction (IDTMC)

JEL classification: L61, L74, R53

The concept of sustainable design of transport structures requires a transition from simply increasing the service life to comprehensive ecological, economic, and information security. The purpose of this review is to systematize advanced Russian and global practices of environmentally rational bridge construction. The paper analyzes nine key directions: from the use of weathering steels, aluminum alloys, and polymer composites to the implementation of carbon-negative concretes and concrete-filled steel tube structures. Special attention is given to the integration of renewable energy sources and the bionic approach. In addition, the necessity of forming a strategy for information protection of infrastructure objects from the destructive influence of viral fakes is substantiated. The results of the work can be used by designers to select optimal solutions that increase the life cycle of structures and reduce their carbon footprint.

Keywords: transport structure, ideal bridge, sustainable design, anticorrosion protection, concrete-filled steel tube, renewable energy, bionic approach, information security.

References

1. Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I. Sustainable bridge design in Russia // International Scientific and Practical Conference "Railway Transport and Technologies". AIP Conf. Proc. 2624, 030021-1–030021-8. DOI: 10.1063/5.0133764.
2. Korotkov M. A., Ovchinnikov I. G. The impact of environmentally rational design on the transport construction industry // Transport. Transport Structures. Ecology. – 2022. – No. 2. – P. 64–71. DOI: 10.15593/24111678/2022.02.08.
3. Venkateswaran B. Sustainable Practices in Bridge Construction // Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies. – 2021. – Vol. 6, No. 1. – P. 24–28. DOI: 10.29187/jscmt.2021.56.
4. Penadés-Plà V., García-Segura T., Martí J. V., Yepes V. A Review of Multi-Criteria Decision-Making Methods Applied to the Sustainable Bridge Design // Sustainability. – 2016. – Vol. 8, 1295. DOI: 10.3390/su8121295.
5. Navarro I. J., Penadés-Plà V., Martínez-Muñoz D., Rempling R., Yepes V. Life cycle sustainability assessment for multi-criteria decision making in bridge design: a review // Journal of Civil Engineering and Management. – 2020. – Vol. 26, No. 7. – P. 690–704. DOI: 10.3846/jcem.2020.13599.

Роль усадебных парков и значение городского озеленения в социально-культурном и экологическом развитии Москвы

Устинов Иван Александрович
кандидат исторических наук, доцент кафедры основ архитектуры и художественных коммуникаций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; доцент кафедры рисунка и живописи, Российский государственный институт им А.Н. Косыгина, iov3@yandex.ru

В статье автором рассматривается роль садово-парковой составляющей современного города и значение городского озеленения в социально-культурном и экологическом развитии Москвы. В настоящее время озеленение, в рамках современного города участвует в решении целого ряда актуальных для современного мегаполиса вопросов. К их числу относятся городские парки, являющиеся рекреационными зонами, с возможностью организации в них мероприятий для здорового и активного отдыха, находясь в которых, горожанин, попадает в природную среду, позволяющую снять психоэмоциональную нагрузку, которая возникает в процессе пребывания в высоко урбанизированной среде городского пространства. Вместе с тем городское озеленение, в том числе вертикальное озеленение, кровельное озеленение, частично компенсирует негативные для экологии города последствия его жизнедеятельности. Частично снижается запыленность воздуха, снижается нагрев воздуха в летний период, а также уменьшается концентрация углекислого и угарного газа, уменьшается негативное влияние транспортных и промышленных составляющих города. Зеленые насаждения в том числе являются и шумопоглощающим ограждением. Городской усадебный парк также был обязательной составляющей московской городской культуры. Начиная с периода расцвета московской городской усадьбы, усадебные парки являлись и являются проводником культуры эпохи просвещения и участвуют в формировании облика столицы. В современном урбанизированном мегаполисе, таком как Москва, вопрос нахождения альтернативных, адаптированных к условиям современного города, озеленительных мероприятий, имеет высокую значимость, поскольку речь идет о негативном влиянии на микроклимат города, обостренная невозможностью, в ряде случаев, проводить традиционные озеленительные мероприятия.

Ключевые слова: городское озеленение, городской парк, усадебный парк, озеленительные мероприятия.

Задача развития садово-парковых составляющих современного города, на сегодняшний день является все более актуальной в рамках формирования продуктивной модели интеграции города и городских парковых систем. Городской парк, это не только зеленая рекреационная зона для отдыха жителей города, с возможностью организации в них мероприятий для здорового и активного отдыха. Благодаря городским паркам частично компенсируется негативные для экологии города последствия его жизнедеятельности. Частично снижается запыленность воздуха и уменьшается концентрация углекислого и угарного газа. Зеленые насаждения улучшают качество атмосферного воздуха, уменьшая негативное влияние транспортных и промышленных составляющих города., они так же являются шумо и пыле поглощающим ограждением, обеспечивающим улучшение санитарно-экологических условий мегаполиса. С задачей поглощения звуков города наилучшим образом справляются кустарники и деревья с обширными кронами, плотными крупными листьями, с значительным количеством мелких ветвей (клен остролистный, липа, дуб черешчатый, тополь канадский). Так же уменьшению зашумленности способствуют открытые грунтовые пространства засаженные густой травой - газоны. Наряду со снижением шума и запыленности воздуха парк решает задачу избыточной загазованности воздуха в городской черте, снижая уровень окиси углерода. Организация садово-паркового комплекса с организацией многорядных полос древесных и кустарниковых посадок шириной 50 м и высотой 15-20 м снижает уровень загрязненности воздуха на 70-75%.

По данным "Мосэкомониторинга", за пять последних лет уровень загрязнения воздуха в столице снизился на 11%, что во многом является результатом озеленения городских территорий [1].

Находясь в городском парке, человек не покидая территории города, попадает в природную среду, позволяющую снять психоэмоциональную нагрузку, возникающую в процессе пребывания в высоко урбанизированной среде городского пространства, оказывающим негативное влияние на психоэмоциональное состояние жителя города.

Развитие культурной стороны деятельности человека в числе которой преобразование городских пространств в рекреационные садово-парковые зоны, в разные времена отражало социально-культурный характер города. В следствии социально-культурной деятельности влиятельных жителей города, направленной на формирование городских садово-парковых образований, позволяющими решать ряд задач социально-культурного и естественно-научного характера в условиях города появляются искусственно созданные природные территории, частично заменяющие москвичу естественное окружение природной средой.

Социально-культурная городская среда являлась и является основой, благодаря которой московские сады и парки являются одновременно местом и продуктом культурного диалога поколений москвичей, местом где происходит естественная интеграция природного начала и социально-культурной специфики городской природы этого явления. Явления городского парка, где городская среда является одним из важнейших факторов развития этого явления.

Исторически образ Москвы включал в себя традиционные городские сады и парки, которые являлись неотъемлемой культурной составляющей в градообразовании, формировании и развитии Москвы в архитектурном и социально культурном плане [2].

Городской усадебный парк также был обязательной составляющей московской городской культуры. В период расцвета московской городской усадьбы, усадебные парки являлись проводником культуры эпохи просвещения и формировали облик столицы. Это был образ города утопающего в садах, где нередко, можно было встретить диковинные заморские растения и животных, которые демонстрировались широкой публики с развлекательно-познавательными целями о чем делались информационные публикации в московской периодической печати. В одном из таких публикаций писалось: "Извещается почтеннейшая публика, что цены за места в манеже диких зверей, показываемых на Поварской, в доме князя Гагарина уменьшены. Звери сии показываться будут здесь в Москве не долгое время" [3].

Усадебные парки, расположенные на территориях московских городских усадеб, начиная со второй половины 18 века, играли значимую социально культурную роль в жизни москвичей. Парки являлись тем местом, где москвичи могли принять участие в традиционных народных гуляниях, ознакомиться с необычными ботаническими коллекциями, провести свой выходной день всей семьей, в свою очередь в парках были обеспечены все условия для подобного отдыха, включая чайные и кофейные дома. В частности, известно, что на масленицу одним из важнейших увеселений в Москве были кулачные бои, которые проходили в частных усадебных парках. Самыми известными были кулачные бои, проходившие в усадебном парке Нескучный сад перед зимним домом графа А.Г. Орлова.

Зачастую усадебные парки являясь местом увеселительного времяпровождения москвичей, был в известной степени естественнонаучным предприятием, где хозяева усадебных парков формировали целые ботанические коллекции, впоследствии получавшие европейскую известность.

Такими были сады в Нескучном саду, и сад в усадебном парке А.К. Разумовского на Гороховом получивший европейское признание как за свои ботанические коллекции и как шедевр паркового искусства, который граничил со знаменитым своей ботанической коллекцией, садом Н.А. Демидова. Открытые ворота соединяли оба этих сада для гуляния обычной публики. Так же пользовался популярностью среди москвичей сад Корсакова, где входным билетом являлся приличный костюм. Открытым парком для гуляния был так же и сад князя Юсупова.

Часто публиковались объявления с приглашением к посещению парков и садов: "Особы, желающие пользоваться свежестию воздуха, и приятною прогулкою в продолжение настоящего лета на Воробьевых горах, почтеннейше сим уведомляются, что могут они приезжать туда не обременяя себя никаким запасом, и найдут, если пожелают как то чай, кофе, лимонад, пиво, меды разные и другие напитки и кушанья в нововозведенном там кофейном доме..." [4].

Сформированные ботанические коллекции были столь обширны, что нередко формировались целые каталоги растений, а каталог сада А.К. Разумовского был издан отдельной книгой [5].

О культурной ценности городских усадебных парков говорят публикации в периодических изданиях, одной из которых является статья за авторством академика П.С. Палласа, в которой он пишет о культурной значимости московских усадебных парков [6].

В настоящее время парки и сады, по мнению ряда философов и культурологов, помимо утилитарно-практической функции играют значительную социально-культурную роль, являясь своеобразной, символической формой пространственного выражения культуры. Так, например, известны размышления Д. С. Лихачева об экологии культуры и о городских садах и парках, являющихся своеобразным связующим звеном между природой и человеком, благодаря которому в человеке пробуждаются чувства прекрасного и творческие силы [7].

Принимая во внимание роль садово-парковых комплексов в социально-культурной и экологической составляющей жизни города, такие зеленые комплексы должны размещаться максимально близко к местам проживания, отдыха, а также по возможности, работы и учебы, с тем, чтобы мегаполис являлся если не благоприятным, то не вредящим физическому и психологическому здоровью жителей города. В результате разбития городских парков на жилых и рекреационных территориях не только формирует положительные микроклиматические и санитарно-гигиенические условия, но и формируют особенную архитектурную выразительность городской застройки.

В настоящее время в рамках осуществления озеленительных мероприятий в черте города существует ряд регламентирующих программ, одной из которых является московский городской проект «Наше дерево», в рамках которого москвичи могут в ознаменование рождения ребенка посадить в городском парке именное дерево, предварительно согласовав эту посадку с городскими властями посредством электронной заявки. Так же каждый москвич может поучаствовать в акции по озеленению города Москвы в рамках программы «Миллион деревьев». Только за прошедшие 6 лет в рамках данной программы в Москве высажено более 115 тыс. деревьев и 3 млн. кустарников [8].

Озеленение московских дворов так же регламентировано паспортом цветочного оформления, в котором определены условия озеленения каждого конкретного московского двора. Таким образом городское озеленение приобретает персонифицированный характер, что придает вопросу развития садово-парковых территорий социально-культурную значимость.

Задача развития озеленения такого мегаполиса как Москва, задача сложная, требующая системного научного подхода, чем занимается научно-проектное объединение «Сохранения и развития природного комплекса» НИиПИ Генплана Москвы. Статистически зеленые территории занимают более половины территории города (54,5%) но озеленение распределено неравномерно. Так, например, Территории Центрального и Юго-Восточного административных округов имеют большое количество запечатанных поверхностей – асфальтовые покрытия, пятна жилой и промышленной застройки [9].

Большое количество «запечатанных поверхностей» приводят к развитию экологических проблем, в числе которых выпадающая дождевая вода не впитывается в землю, а выводится в ливневую канализацию, что препятствует росту новых зеленых насаждений и приводит к гибели существующих. Такие поверхности быстрее высыхают и нагреваются, что является причиной ухудшения качества воздуха. В свою очередь отсутствие зелени приводит к излишней запыленности воздуха излишней концентрации вредных примесей в воздухе и зашумленности городского пространства.

Одним из решения данной проблемы может лежать в технологии вертикального озеленения жилых и общественных зданий, а также формирование зеленых изгородей вдоль дорог

В современном мегаполисе таком как Москва озеленительные мероприятия путем высадки крупных деревьев вне парковых и рекреационных зон не всегда осуществимо, так как для этого необходимо удалить слой асфальтового покрытия, и в случае разрастания корневой системы могут пострадать многочисленные городские коммуникации. В связи с этим, одним из выходов является монтаж кадок с землей, в которых могут размещаться кустарники и не крупные деревья.

Так же необходимо подбирать для городского озеленения растения не требующие большого объёма грунта и неприхотливые в уходе и приспособленные к холодным зимам. Это могут быть растения, которые живут в горах такие как камнеломка и очиток. Для их высадки достаточно торфяной смеси глубиной в несколько сантиметров в контейнерах их керамзита. Такая конструкция может быть расположена на крышах зданий, конструкциях транспортной инфраструктуры и различного рода горизонтальных городских поверхностях. Такие посадки будут способствовать температурной регуляции, что благотворно скажется на городском микроклимате. По вертикальному озеленению городских поверхностей тоже существует, в том числе и зарубежный опыт, который позволит создать городскую экосистему, компенсирующую негативные факторы, связанные с жизнедеятельностью современного мегаполиса.

Современный мегаполис должен представлять собой экосистему, в которой учитываются социально-культурные и экологические вопросы, связанные с потребностями москвича в благоустроенных природных рекреационных зонах, являющимися как зонами отдыха, так и зонами, компенсирующими вред, для экологии города, формирующийся в урбанистической среде современного мегаполиса.

В связи с чем общая площадь парков, скверов, зеленых насаждений в городе должна занимать больше половины его территории.

Литература

1. Озеленение Москвы: «Миллион деревьев» и не только // Дзен. — URL: https://dzen.ru/a/Xrydvdz2txPG4stJ?utm_referer=ya.ru (Дата обращения 14.10.2023)
2. Буланова М. Б., Угрехелидзе Е. А. Парк в культурной среде города // Вестник Российского государственного гуманитарного университета. Серия «Философия. Социология. Искусствоведение». 2015. № 2. С. 96–99.
3. Московские ведомости. 1821. 13 февраля.
4. Московские ведомости. 1802. 4 июня.
5. Нечкина М. В. Допожарная Москва. М., 1946. С.53.
6. Паллас П. С. Сад Прокопия Акинфиевича Демидова в Москве в 1780 году // Литературный отдел Московских ведомостей. Московские ведомости.1853. 21 ноября.
7. Роль парков в жизни города. Мавлютова О.С. Мавлютова О. С. Роль парков в жизни города [Электронный ресурс]. URL http://www.eco.nw.ru/lib/data/04/6/100604.htm (Дата обращения: 01.10.2026)
8. Навести красоту: как озеленяют московские дворы и парки [Электронный ресурс] // Официальный сайт Мэра Москвы. URL: https://www.mos.ru/news/item/106082073/?ysclid=lnhdsxmunf976883775 (Дата обращения: 01.10.2026)
9. Концепция озеленения Москвы до 2025 года: И на крышах будут яблони цвести? [Электронный ресурс] // Комсомольская правда. — 2012. — 18 сентября. — URL: https://www.msk.kp.ru/daily/25952/2894317(Дата обращения: 01.10.2026)

The Role of Estate Parks and the Significance of Urban Greening in the Socio-Cultural and Environmental Development of Moscow

Ustinov I.A.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, A.N. Kosygin Russian State University

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the role of parks and gardens within the modern city and the significance of urban greening for the socio-cultural and environmental development of Moscow. Urban greening plays a vital role in addressing various challenges facing today's metropolis. Key examples include urban parks, which serve as recreational areas for healthy, active leisure; they offer city dwellers an escape into a natural environment that helps alleviate the psycho-emotional stress caused by life in a highly urbanized setting. Furthermore, urban greening—including vertical and rooftop greenery—helps mitigate the environmental impact of city life. It partially reduces airborne dust and summer air temperatures, lowers concentrations of carbon dioxide and carbon monoxide, and lessens the adverse effects of transport and industry. Green spaces also act as noise barriers. The urban estate park has long been an integral part of Moscow's urban culture. Since the heyday of the Moscow city estate, these parks have served as vehicles for Enlightenment-era culture and have helped shape the capital's identity. In a modern metropolis like Moscow, finding alternative greening solutions adapted to contemporary urban conditions is crucial; this is particularly important given the negative impact on the city's microclimate—a problem compounded by the fact that traditional greening methods are often unfeasible.

Keywords: urban greening, urban park, estate park, greening activities.

References

1. Greening Moscow: "A Million Trees" and Beyond // Dzen. — URL: https://dzen.ru/a/Xrydvdz2txPG4stJ?utm_referer=ya.ru (Accessed: 14.10.2023)
2. Bulanova M. B., Ugrekhelidze E. A. The Park in the City's Cultural Environment // Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series "Philosophy. Sociology. Art Studies." 2015. No. 2. P. 96–99.

3. Moskovskie Vedomosti. 1821. February 13.
4. Moskovskie Vedomosti. 1802. June 4.
5. Nechkina M. V. Pre-Fire Moscow. Moscow, 1946. P. 53.
6. Pallas P. S. The Garden of Prokopy Akinfievich Demidov in Moscow in 1780 // Literary Section of Moskovskie Vedomosti. Moskovskie Vedomosti. 1853. November 21.

Архитектура курортных комплексов в условиях высокогорья (на примере Северного Кавказа)

Абдулкадырова Эльмира Юсуповна
доцент Кафедры «Архитектуры», Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), dkb000@mail.ru,

Хубулова Диана Георгиевна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Фомина Алина Андреевна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Сиукаева Мария Геннадьевна
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)

Статья посвящена характеристике архитектуры курортных комплексов в условиях высокогорья на примере Северного Кавказа. В работе анализируются факторы влияния на формирование облика современных горных курортов, а также основные принципы их интеграции в уникальный ландшафт и национальную архитектуру. Самобытность горной местности делает строительство высокогорных курортов перспективным направлением, несмотря на сложности создания инфраструктуры и высокие затраты при строительстве. В статье рассматриваются подходы синтеза архитектуры с рельефом, основные из которых - это гармоничное «встраивание» объекта курортной отрасли в ландшафт и, наоборот, создание противопоставленной рельефу структуры. Принцип террасирования в условиях высокогорья позволяет адаптировать курортный комплекс к сложному рельефу, создавая целостную структуру с уровнями на разных высотных отметках. Среди инженерных и экологических проблем высокогорного строительства выделяется необходимость обеспечения безопасного транспортного доступа и прокладки инженерных сетей в условиях больших перепадов высот; учет значительных перепадов температур и резкой смены погоды при производстве работ; оценка влияния строительства на горную экосистему и геологию участка.
Ключевые слова: высокогорье, Северный Кавказ, курортный комплекс, архитектура, рельеф, устойчивое развитие.

Введение

Горные территории Северного Кавказа представляют собой уникальный регион, обладающий колоссальным рекреационным потенциалом, который в последние десятилетия переживает этап интенсивного освоения. Развитие горнолыжных курортов ставит перед архитекторами и градостроителями задачи, связанные с необходимостью интеграции курортных объектов в экстремальные природно-климатические условия. Высокогорье характеризуется такими факторами, как низкая температура и ее перепады, сильные ветра, лавинная и селевая опасность, сложный рельеф и высокая сейсмичность. В этих условиях традиционные подходы к проектированию курортных комплексов становятся неэффективными и небезопасными.

Необходима разработка новых архитектурно-планировочных и конструктивных решений, способных обеспечить комфорт и безопасность пребывания туристов, устойчивое развитие горных экосистем.

Обсуждение и результаты

Действующие бизнес-элементы и бизнес-процессы курортных территорий плохо структурированы и недостаточно взаимосвязаны; санаторно-курортные объекты отдельных регионов Северного Кавказа даже формально не включены в структуру единого туристического кластера; система управления Северо-Кавказским туристским кластером в течение последнего десятилетия пребывает, в силу низких результирующих показателей, в процессе перманентной модернизации. И, как следствие, в настоящее время кластер пока не представляет собой единого межотраслевого хозяйственного комплекса, а ожидаемые при его создании мультипликативные и синергетические эффекты не проявляют себя в возможной степени [5].

Архитектура высокогорья целиком подчинена влиянию среды. В отличие от равнинных курортных объектов, где здание может быть автономно, в горах оно становится частью комплекса. Сложный уклон (часто 15–30°) диктует использование террасных схем, здания внедряются в склон, что позволяет минимизировать земляные работы и сохранить естественный сток вод. В высокогорье преобладают сильные ветры (до 30–40 м/с), часто нисходящего характера. Архитектурные решения в этих условиях предполагают аэродинамические формы, обтекаемые ветром, либо размещение комплексов в ветровой тени рельефа. Высота снега может достигать 3–5 метров, что требует использования высоких стилобатов, наклонных кровель с углом, исключающим задержку снега, или плоских кровель с активным подогревом [1].

Типологию курортных комплексов Северного Кавказа можно представить в виде нескольких моделей. Например, компактно-очаговая модель (Приэльбрусье) характеризуется высокой плотностью застройки на ограниченной площадке (поляна Азау). Здания имеют сложную конфигурацию, объединяя жилые, общественные и технические функции в едином объеме для минимизации теплопотерь.



Рис.1. Поляна Азау

В линейно-террасной застройке вдоль горнолыжных трасс с каскадным размещением корпусов используются подпорные стены и эксплуатируемые кровли, служащие смотровыми площадками.

Дисперсная модель представлена в курортных зонах Архыза, Домбая. Это отдельно стоящие шале и коттеджи, рассредоточенные по склону. Такая модель позволяет максимально вписать объект в ландшафт, но требует развитой инженерной инфраструктуры.

Основными аспектами строительства курортных комплексов на Северном Кавказе являются применение каркасных систем с металлическими связями, использование легких ограждающих конструкций (сэндвич-панели, CLT-панели), высокие требования к сопротивлению теплопередаче. Эффективными являются в данных погодных условиях фасады с вентилируемым зазором и рекуперацией тепла. В удаленных ущельях практикуется использование возобновляемых источников (солнечные панели, ветрогенераторы) в сочетании с дизель-генераторами [7].



Рис. 2. Туристический комплекс «Гранд Кавказ»

Современная архитектура Северного Кавказа синтезирует этнические традиции и хай-тек. Наблюдается тенденция к использованию местных материалов (камень, сланец, дерево) для цокольных этажей и отделки, панорамного остекления для интеграции интерьера с горным пейзажем, «скальных» фасадов, имитирующих естественные выходы пород.

Дальнейшее развитие курортных комплексов Северного Кавказа сталкивается с проблемой нагрузки и хрупкости горных экосистем. Необходимо строительства защитных дамб и галерей, что делает проект дороже на 15–20%. Строительство в высокогорье требует специальной техники и вертолетной доставки, что ограничивает применение монолитного железобетона. Высотные доминанты в горах видны за десятки километров, поэтому необходим строгий регламент этажности (не более 3–4 этажей в верхней зоне). Перспективным направлением является внедрение «умных» фасадов, реагирующих на солнечную радиацию, и использование модульных конструкций для быстрого возведения и демонтажа без ущерба для ландшафта.

Архитектура курортных комплексов в условиях высокогорья Северного Кавказа развивается в направлении адаптивности и экологичности. Таким образом, основными принципами становятся минимальное вмешательства в рельеф, энергетическая автономность и пассивное проектирование, синтез традиционных форм и инновационных материалов [3].

Архитекторы вписывают здания в склон. Проект реконструкции санатория «Каскад» в Кисловодске (бюро Axis Project) прямо развивает эту идею: каскадные террасы спускаются по рельефу, открывая панорамные виды из каждого номера. Новый санаторий на ул. Кирова в Кисловодске (архитектор В. Яковлев) также использует перепад высот и выносит бассейн за пределы основного объема.

Проект спа-комплекса «Кармадон» в Северной Осетии (бюро «Алкута») пример синтеза и современных тенденций. Его административное здание стилизовано под родовую башню, объединяя галерею мемориала памяти жертв трагедии 2002 года. Архитектура здесь отражает и национальные черты, и драматическую историю места.

Апарт-комплекс в Дербенте (бюро GAFA) уподоблен ракушке с жемчужиной (внутренний двор с бассейном). Со стороны моря он имеет ажурный, «пышный» фасад с ритмом балконов, напоминающих кораллы или чаши фонтанов, что создает яркий курортный образ и отвечает культурному контексту .

Для горных курортов (Эльбрус, Джилы-Су) ключевая задача — обеспечить работу не только в лыжный сезон. Проекты планируют зоны круглогодичных гостиниц и СПА, зимних горнолыжных объектов и летних активностей (гольф, треккинг).

Выводы

Высокогорные курорты Северного требуют особого подхода к планировке строительства и архитектуре из-за сложного рельефа, лавинной и селевой опасности. Эффективной является компактная, террасная застройка с максимальным сохранением естественного ландшафта. Также необходим учёт розы ветров и инсоляции для защиты от снежных заносов и переохлаждения.

Наиболее рациональны гостиничные комплексы блокированного типа и шале-кластеры, адаптированные к крутым склонам. Важной в этом регионе является многофункциональность, когда совмещается непосредственно жилье, SPA, прокат, кафе и технические служб в едином комплексе для защиты от непогоды. Высота и этажность при этом ограничены не только нормативами, но и визуальным восприятием горного пейзажа.

Фундаменты должны учитывать скальные и мёрзлые грунты, повышенные снеговые и ветровые нагрузки. Эффективны свайные и анкерные системы, а также сборно-монолитные каркасы. Обязательна ветрозащита, снегозадержание и автономные системы энергоснабжения (солнечные панели, тепловые насосы).

Строительство в высокогорье не должно нарушать устойчивость склонов и гидрологический режим. Необходима минимизация вырубки и восстановление растительного слоя. Рекомендуется использование местных материалов (камень, дерево) для снижения углеродного следа.

Архитектура в курортных комплексах Северного Кавказа должна поддерживать круглогодичную эксплуатацию, а не только зимний сезон. Создание комфортной среды повышает туристическую привлекательность и инвестиционную ценность региона. Учёт этнокультурных традиций Северного Кавказа усиливает идентичность курортов.

Литература

1. Глебова И.А., Нечипуренко М.А., Сокольникова В.С. Рекреационное природопользование Кавказа // Молодой ученый. 2023. № 6 (453). С. 130-133.
2. Долинская И.М., Курбанова Л.М. Развитие курортных территорий республики Дагестан: советская градостроительная практика 1930-х – 1980-х годов // Universum: технические науки. 2024. № 5(122). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17406.
3. Ермоленко Е.В. Формы и построения в архитектуре советского авангарда и их интерпретация в современной зарубежной практике // Academia. Архитектура и строительство. 2020. №1. С. 39-48.
4. Забалуева Т.Р., Есина Д.Д. Принципы проектирования туристических объектов в городах-локальных центрах // Теория и практика архитектуры. 2024. Выпуск 2. С. 26-38.
5. Каллагова А.Х., Каллагов Б.Р., Тегетаева О.Р. Актуальные подходы к развитию туристско-рекреационного комплекса в Северо-Кавказском федеральном округе // Фундаментальные исследования. 2024. № 4. С. 42-47.
6. Лутченко С.И. Планировочный и природный каркасы региона, как основа для формирования туристско-рекреационных зон // Инженерный вестник Дона. 2021. №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7241/.
7. Маслова К.О. Архитектура санаторно-курортных комплексов в России. От советской модели к современному функциональная комплексу // Вектор научной мысли. 2026 № 2(31). URL: https://vektornm.ru/02_2026/.
8. Тезадова О.А., Коршунова Н.Н. Применение модульных конструкций и зданий при проектировании гостиничного комплекса в высокогорных районах (Джилы-Су) // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 7. С. 1047-1055.
9. Токарев А.Г., Сидоренко Н.Р. Санаторий «Ударник» в Железноводске: о влиянии градостроительных факторов на архитектуру // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020, №9. С.37-45.

Architecture of resort complexes in high-altitude areas (a case study of the North Caucasus)

Abdulkadyrova E.Yu., Khubulova D.G., Fomina A.A., Siukaeva M.G., Tedeeva A.A.
North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the architecture of resort complexes in high-altitude areas, using the North Caucasus as a case study. It analyzes the factors influencing the visual character of modern mountain resorts, as well as the key principles for integrating them into the unique landscape and local architectural traditions. The distinctive nature of mountainous terrain makes the development of high-altitude resorts a promising endeavor, despite the challenges of infrastructure creation and high construction costs. The article explores approaches to synthesizing architecture with the terrain—primarily the harmonious integration of the resort facility into the landscape versus the creation of a structure that contrasts with the topography. The principle of terracing allows a resort complex to adapt to complex terrain, creating a cohesive structure with levels situated at varying elevations. Key engineering and environmental challenges associated with high-altitude construction include ensuring safe transport access and laying utility networks across significant elevation changes; accounting for drastic temperature fluctuations and rapid weather shifts during construction; and assessing the impact of development on the mountain ecosystem and site geology.

Keywords: high-altitude areas, North Caucasus, resort complex, architecture, terrain, sustainable development.

References

1. Glebova I.A., Nechipurenko M.A., Sokolnikova V.S. Recreational Nature Use in the Caucasus // Molodoy Ucheny [Young Scientist]. 2023. No. 6 (453). Pp. 130–133.
2. Dolinskaya I.M., Kurbanova L.M. Development of Resort Areas in the Republic of Dagestan: Soviet Urban Planning Practice of the 1930s–1980s // Universum: Tekhnicheskie Nauki [Universum: Technical Sciences]. 2024. No. 5(122). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17406.
3. Ermolenko E.V. Forms and Structures in Soviet Avant-Garde Architecture and Their Interpretation in Contemporary International Practice // Academia. Arkhitektura i Stroitelstvo [Academia. Architecture and Construction]. 2020. No. 1. Pp. 39–48.
4. Zabalueva T.R., Esina D.D. Design Principles for Tourism Facilities in Local Center Cities // Teoriya i Praktika Arkhitektury [Theory and Practice of Architecture]. 2024. Issue 2. Pp. 26–38.
5. Kallagova A.Kh., Kallagov B.R., Tegetaeva O.R. Current Approaches to Developing the Tourism and Recreation Complex in the North Caucasian Federal District // Fundamentalnye Issledovaniya [Fundamental Research]. 2024. No. 4. Pp. 42–47.

Необходимость координации градостроительной политики с планами развития энергетической инфраструктуры (на примере Северного Кавказа)

Баликоев Алан Арсенович
кандидат экономических наук, доцент, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), dkb000@mail.ru,

Дзугаева Кристина Аслановна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»,

Цирихов Олег Таймуразович
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»,

Кузнецова Анастасия Сергеевна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»,

Козонова Алина Олеговна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»

Северо-Кавказский федеральный округ в условиях современности демонстрирует одни из самых высоких в России темпов роста энергопотребления, что создаёт принципиально новую ситуацию для градостроительства. Этот рост обусловлен несколькими разнонаправленными факторами, которые не всегда учитываются градостроительной политикой. С одной стороны, в регионе реализуются крупные инвестиционные проекты, требующие значительной энергетической мощности, с другой - значительная часть роста потребления связана с процессами, которые в градостроительных документах вообще не отражаются. Статья посвящена проблеме координации градостроительной политики с планами развития энергетической инфраструктуры (на примере Северного Кавказа). Несогласованность процесса развития инженерных сетей и территориального планирования приводит к росту затрат на подключение, ограничению жилищного строительства и снижению инвестиционной привлекательности территорий. Необходим переход к единой методологии и документообороту пространственно-энергетического планирования, механизмам синхронизации территориального планирования с программами электросетевого комплекса.
Ключевые слова: градостроительная политика, энергетическая инфраструктура, Северный Кавказ, территориальное планирование, синхронизация, инженерные сети.

Введение

Развитие территорий современных городов характеризуется высокой степенью взаимозависимости между архитектурно-строительной деятельностью и состоянием инженерной инфраструктуры. В условиях динамичной урбанизации и изменения структуры энергопотребления актуальной стала проблема синхронизации планов пространственного развития с планами модернизации и строительства объектов энергетики. Отсутствие такой согласованности приводит к дефициту энергомощностей в зонах опережающего жилищного строительства и к неэффективному использованию капитальных вложений в сетевую инфраструктуру.

На Северном Кавказе наблюдаются высокие темпы демографического роста, активное развитие агропромышленного комплекса, туристической и санаторно-курортной сферы. Но следует отметить, что энергетическая инфраструктура Северного Кавказа при такой нагрузке характеризуется высокой степенью износа основных фондов, наличием технологических ограничений и сложной конфигурацией перераспределения мощности. Реализация крупных градостроительных проектов, развитие агломераций, создание особых экономических зон туристско-рекреационного типа и комплексное развитие сельских территорий требует опережающего развития энергетической базы [9].

На практике же градостроительная политика и планы развития энергетической инфраструктуры разрабатываются и реализуются рассогласованно, что порождает системные риски. В результате, сроки технологического присоединения новых объектов не соответствуют темпам ввода жилья и коммерческой недвижимости, модернизация сетей не учитывает перспективную застройку, что становится фактором сдерживания социально-экономическое развитие территорий.

Цель настоящей статьи – теоретически изучить и обосновать необходимость координации градостроительной политики с планами развития энергетической инфраструктуры на примере Северного Кавказа.

Градостроительная политика на Северном Кавказе планирует развитие территорий, исходя из демографических прогнозов, экономических показателей и земельно-имущественных отношений. Энергетическая инфраструктура при этом рассматривается как техническое дополнение, которое должно произойти после того, как градостроительное решение уже принято. Следовательно, энергетическая инфраструктура становится ограничителем градостроительного развития. Строительство новых жилых районов, туристических комплексов и промышленных объектов сталкивается с невозможностью технологического присоединения к изношенным и перегруженным сетям. Ситуация усугубляется критическим состоянием платёжной дисциплины и накопленной задолженностью за электроэнергию, что создаёт финансовую неопределённость, которая напрямую влияет на возможность реализации инвестиционных программ в сетевом комплексе.

Обсуждение и результаты

Северный Кавказ характеризуется быстрым ростом потребления электроэнергии, сложным горным рельефом, рассредоточенными населенными пунктами и нестабильной туристической нагрузкой. С 1 июля 2026 г. в регионе произошло разделение сетевой и сбытовой деятельности, функции сбыта были выделены из «Россети Северный Кавказ», а на территории республик была создана единая энергосбытовая компания. Эта институциональная перестройка дала возможность для пересмотра подходов к координации градостроительного и энергетического планирования, но одновременно породила риски рассогласования в переходный период.

Существующая система принятия градостроительных решений на Северном Кавказе не обеспечивает своевременного и адекватного учёта ограничений и возможностей энергетической инфраструктуры, что приводит к накоплению структурных проблем между пространственным развитием территорий и развитием энергетических мощностей [1]. Градостроительные планы не синхронизированы с перспективными схемами развития энергетики. Схема и программа развития электроэнергетических систем России разрабатывается Системным оператором, но региональные органы градостроительного планирования не всегда учитывают её положения при подготовке генеральных планов. Механизм комплексного развития территорий не содержит обязательных требований по оценке энергетической обеспеченности территорий. Отсутствует системная методика оценки эффективности градостроительных решений в аспекте сохранения энергетического баланса территории.

Северный Кавказ рискует столкнуться с ситуацией, когда градостроительное развитие будет блокироваться энергетическими ограничениями, а энергетическая инфраструктура будет развиваться в отрыве от реальных потребностей территорий, что приведёт к неэффективному расходованию бюджетных средств, росту стоимости технологического присоединения и снижению качества жизни населения. Северный Кавказ демонстрирует устойчивый

опережающий рост энергопотребления, который требует принципиально нового подхода к градостроительному планированию [5].

Политика городского развития формируется региональными департаментами развития, а планирования энергетической инфраструктуры - энергетическим сектором и подчиненными ему системными операторами. Когда планы городского развития определяют новые жилые районы, коммерческие объекты или туристические кластеры, энергетическая система не проявляет инициативы в связи с отсутствием обязательных процедур согласования.

Одним из основных направлений пространственной стратегии Северного Кавказа является институциональный ответ на тенденцию миграции населения из горных районов в равнинные города. Остановить эту тенденцию практически невозможно, поэтому необходима стабилизация системы горных поселений. Расширение городских кластеров требует централизованной модернизации энергосетей высокой мощности, а поддержание вспомогательных поселений в горных районах требует распределенных, устойчивых к стихийным бедствиям энергетических решений. Без координации инвестиции в энергетику могут отдавать предпочтение удовлетворению потребностей роста городских кластеров, в то время как энергетическая безопасность для горных поселений может быть отодвинута на второй план.

Рост спроса на электроэнергию на Северном Кавказе имеет структурный характер. Мощность существующей сети приближается к своему пределу, а возможности для интеграции новых нагрузок становятся все более ограниченными. Энергетические потребности жилых комплексов, коммерческих объектов и туристических кластеров, определенные в рамках городского планирования, определяются на этапе утверждения проекта, но соответствующие планы расширения сети не запускаются одновременно/

Туристические и рекреационные проекты на Северном Кавказе имеют уникальные характеристики энергетической нагрузки, такие как сезонные пики, удаленное географическое расположение и высокие требования к надежности электроснабжения. В качестве примера приведем горнолыжный курорт Ведуччи. Для обеспечения электроснабжения проекта системный оператор завершил реконструкцию линии 110 кВ Грозно-Аргонской тепловой электростанции и реконструкцию подстанции 110 кВ цементного завода, увеличив пропускную способность линии на 30% [10]. Таким образом, энергетическая безопасность для крупномасштабных туристических проектов технически осуществима, но лишь с учетом согласования сроков инвестиций в энергосистему с темпами развития проекта. Если строительство курорта будет продвигаться быстрее, чем модернизация электросети, проект столкнется с задержками или необходимостью использования временных решений в области электроснабжения; если инвестиции в электросеть предшествуют реализации проекта, существует риск простоя активов.

В планировании городского развития в качестве исходных данных используются землепользование, прогнозы численности населения и цели экономического развития. Энергетическое планирование характеризуется такими критериями, как в прогнозирование нагрузки, эксплуатационные ограничения электросети и эффективность инвестиций. Операторы энергосистем при подготовке планов, безусловно, опираются региональные документы по развитию, но лишь в качестве информационных материалов, без условий обязательного учета. Градостроители при этом могут не в полной мере понимать реальные ограничения пропускной способности электросетей, что приводит к одобрению проектов развития, превышающих возможности электроснабжения.

С момента внедрения в 2020 г. механизм комплексного регионального развития стал важным институциональным инструментом жилищного строительства в России, в том числе и на Северном Кавказе. Его функции заключаются в анализе и учете социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры на этапе проектирования проекта. Несколько проектов комплексного регионального развития реализуются в настоящее время на Северном Кавказе этим механизмом. Например, генеральный план развития г. Грозного.

Но следует отметить, что инженерная инфраструктура обычно включается в перечень вспомогательных требований в пределах границ проекта, электроснабжение же предполагает системные инвестиции за пределами границ проекта, выходящие за рамки ответственности отдельных интегрированных региональных проектов развития. В результате интегрированные региональные проекты развития могут обеспечивать адекватные средства распределения электроэнергии на территории объекта, но не предусматривать одновременную модернизацию вышестоящих подстанций и линий электропередачи. Экономическая целесообразность распределенных энергетических решений с применением малых газовых электростанций, солнечных микросетей, малых гидроэлектростанций в значительной степени зависит от плотности местной нагрузки и условий логистики топлива, которые связаны с численностью населения и конфигурацией объектов инфраструктуры населенного пункта.

Необходимо внедрение механизма оценки энергетической несущей способности в институционализированный процесс планирования городского строительства. Региональные и муниципальные органы власти при разработке или пересмотре генеральных планов, правил землепользования и комплексных планов регионального развития должны в обязательном порядке требовать от операторов энергетических систем предоставления сведений о доступной мощности существующих электросетей и подстанций в целевой зоне, среднесрочных планов расширения и сроки их реализации, сметы затрат на электроснабжение при различных сценариях пространственного развития. Эта информация должна быть юридически обязательным приложением к процессу утверждения плана.

Для комплексных проектов регионального развития следует добавить оценку энергетической целесообразности, заключения региональных энергетических департаментов и операторов систем о степени соответствия между энергетическим спросом проекта и планом расширения электросети. В качестве основы для этого механизма оценки могут служить разрабатываемые в настоящее время в регионе Северного Кавказа «Планы повышения надежности», уже утвержденные для Дагестана, Чечни.

Энергетическое планирование на уровне Северо-Кавказского федерального округа (например, «План развития электроэнергетической системы на 2025-2030 годы» и «Общий план размещения электроэнергетических объектов до 2042 года» оператора системы) обеспечивает баланс на макроуровне, но его пространственная точность недостаточна для планирования землепользования в конкретных городах. Но эффективная координация требует создания совместной платформы пространственно-энергетического планирования в городских агломерациях или экономических зонах. Такие городские агломерации Северного Кавказа, как Махачкала, Ставрополь, Грозный, имеют дифференцированные структуры нагрузки и модели роста. Например, сезонная нагрузка от медицинской реабилитации и туризма значительно отличается от промышленной нагрузки, пространственное подразделение энергетического планирования должно соответствовать функциональному позиционированию городской агломерации.

Выводы

В регионах Северного Кавказа документы территориального планирования и схемы развития энергетики не синхронизированы. Это приводит к тому, что новые микрорайоны и промышленные кластеры вводятся в эксплуатацию без своевременного подключения к сетям, энергетики строят объекты там, где нет реального спроса на мощность, что увеличивает стоимость подключения для застройщиков.

Опыт Северо-Кавказского федерального округа показывает, что недостаточная координация между политикой городского развития и планированием энергетической инфраструктуры является технической проблемой и системным недостатком в институциональном проектировании, что провоцирует конфликты в пространственных приоритетах и временных рамках практически неизбежны.

Необходимость координации градостроительной политики с планами развития энергетической инфраструктуры особенно актуальна на Северном Кавказе, поскольку регион одновременно обладает тремя характеристиками, которые усиливают последствия отсутствия координации - это устойчивый высокоскоростной рост потребления электроэнергии, расширение городских кластеров и поддержание горных поселений, высокие требования туристической экономики к надежному электроснабжению. Без создания институционализированного механизма координации цели пространственной стратегии будут лишены надежной энергетической основы.

Важными мерами являются включение оценки энергетической несущей способности в законодательные процедуры планирования, усиление общей ответственности за расширение сети в рамках интегрированных механизмов регионального развития и создание совместной плановой платформы для пространственного и энергетического секторов в масштабе городских кластеров. Нужно интегрировать энергетические ограничения и прогнозы в градостроительную документацию на самых ранних стадиях - совместные прогнозы электропотребления и теплопотребления с учетом демографии и планов застройки, обязательное согласование генеральных планов с инвестиционными программами «Россетей» и местных генерирующих компаний, учет потенциала распределенной генерации как альтернативы дорогому присоединению к магистральным сетям.

Литература

1. Азизов А.А., Алибеков А.Б., Аликеримова Т.Д., Магомедов И.А., Ниналалов С.А., Рабаданов М.Х. Стратегии развития и перспективы снижения энергодефицита в Республике Дагестан до 2035 года // Современная экономика: проблемы и решения. 2022. № 11. С. 30-44.

2. Алхасов А.Б., Аликеримова Т.Д., Ниналалов С.А. Программа договоров предоставления мощности как средство стимулирования и поддержки возобновляемых источников энергии в России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. № 7. С. 37-45.

3. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Принципы ESG в строительстве. Создание устойчивой, экологически ответственной и социально ориентированной среды обитания // Энергосбережение. 2025. № 2. С. 4-6.

4. Гарадурдыева Дж., Нурмырадова Т., Атаджанов О. Гарадурдыева Дж Энергетическая инфраструктура городов: переход на возобновляемые источники // Вестник науки. 2024. № 10 (79) Том 2. С.598-601.

5. Гуртуев Р.С. Актуализация первых проектов использования гидроэнергетических ресурсов Северного Кавказа в конце XIX — начале XX вв. // Научная мысль Кавказа. 2022. № 2(110). С. 48-54.

6. Домников А.Ю., Домникова Л.В. Развитие региональной электроэнергетической инфраструктуры в контексте технологической модернизации. Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2022. 334 с.

7. Корниенко С.В. Умные оболочки зданий. Инженерные решения и влияние на архитектуру // Энергосбережение. 2026. № 3. С. 34-37.
8. Маклакова Т.Г. Архитектура двадцатого века. Современная архитектура: учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2001. 195 с.
9. Сидякин П.А., Мкртичан А.А., Щитова Т.В., Лега Е.Н., Маргушев М.Р., Музаев М.А. Влияние различных факторов на безопасность зданий и сооружений городов Кавказских Минеральных Вод // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные ис следования. 2017. № 4-1 (27). С. 158-161.
10. Тахаев М.М. Инновационные трансформации энергетического комплекса Северо-Кавказского федерального округа: влияние на инфраструктуру сельских территорий // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 56. URL: https://esj.today/PDF/64FAVN624.pdf.

The need to coordinate urban planning policy with energy infrastructure development plans (a case study of the North Caucasus)

Balikoev A.A., Dzugaeva K.A., Tsirikhov O.T., Kuznetsova A.S., Kozonova A.O.
North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

JEL classification: L61, L74, R53

The North Caucasian Federal District is currently experiencing some of the highest rates of energy consumption growth in Russia, creating a fundamentally new situation for urban planning. This growth is driven by several divergent factors that are not always taken into account in urban planning policy. On the one hand, major investment projects requiring significant energy capacity are being implemented in the region; on the other, a substantial portion of the consumption growth stems from processes that are not reflected in urban planning documents at all. This article addresses the issue of coordinating urban planning policy with energy infrastructure development plans, using the North Caucasus as a case study. A lack of alignment between utility network development and spatial planning leads to increased connection costs, constraints on housing construction, and reduced investment attractiveness of the territories. There is a need to transition to a unified methodology and documentation system for spatial-energy planning, as well as mechanisms to synchronize spatial planning with power grid infrastructure programs.

Keywords: urban planning policy, energy infrastructure, North Caucasus, spatial planning, synchronization, utility networks.

References

1. Azizov A.A., Alibekov A.B., Alikerimova T.D., Magomedov I.A., Ninalalov S.A., Rabadanov M.Kh. Development strategies and prospects for reducing the energy deficit in the Republic of Dagestan up to 2035 // Modern Economy: Problems and Solutions. 2022. No. 11. P. 30-44.
2. Alkhasov A.B., Alikerimova T.D., Ninalalov S.A. The Capacity Supply Agreement program as a means of stimulating and supporting renewable energy sources in Russia // Regional Problems of Economic Transformation. 2021. No. 7. P. 37-45.
3. Brodach M.M., Shilkin N.V. ESG principles in construction: Creating a sustainable, environmentally responsible, and socially oriented living environment // Energy Saving. 2025. No. 2. P. 4-6.
4. Garadurdyeva J., Nurmyradova T., Atadjanov O. Urban energy infrastructure: Transition to renewable sources // Bulletin of Science. 2024. No. 10 (79), Vol. 2. P. 598-601.
5. Gurtuev R.S. Re-examining the early projects for utilizing the hydropower resources of the North Caucasus in the late 19th and early 20th centuries // Scientific Thought of the Caucasus. 2022. No. 2(110). P. 48-54.
6. Domnikov A.Yu., Domnikova L.V. Development of regional electric power infrastructure in the context of technological modernization. Yekaterinburg: UMC UPI Publishing House, 2022. 334 p.
7. Kornienko S.V. Smart building envelopes: engineering solutions and impact on architecture // Energosberezhenie [Energy Saving]. 2026. No. 3. P. 34–37.
8. Maklakova T.G. Architecture of the Twentieth Century. Modern Architecture: A Textbook. Moscow: ASV Publishing House, 2001. 195 p.
9. Sidyakin P.A., Mkrtichan A.A., Shchitova T.V., Lega E.N., Margushev M.R., Muzaev M.A. Impact of various factors on the safety of buildings and structures in the cities of the Caucasian Mineral Waters region // International Scientific Journal "Modern Fundamental and Applied Research". 2017. No. 4-1 (27). P. 158–161.
10. Takhaev M.M. Innovative transformations of the energy sector in the North Caucasian Federal District: impact on rural infrastructure // The Eurasian Scientific Journal. 2024. Vol. 16. No. 56. URL: https://esj.today/PDF/64FAVN624.pdf.

Проблема сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании архитектурного проекта

Цгоева Анна Викторовна
доцент, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), dkb000@mail.ru,

Бедоев Алан Робертович
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Семенов Давид Вадимович
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Хубулов Хетаг Валерьевич
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Погосова Ангелина Гаригиновна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)

Северный Кавказ является уникальным горным регионом, на территории которого сконцентрированы природное разнообразие и многовековое культурное наследие. Горные ландшафты Кавказа включены в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, что подчеркивает их ценность. Это обусловливает особую ответственность при осуществлении архитектурно-строительной и проектной деятельности. Но современная градостроительная практика в регионе сталкивается с тем, что растущий туристический поток и социально-экономическое развитие требуют развития инфраструктуры, между тем как любое вмешательство в горную среду является фактором разрушения ландшафта. Данная статья посвящена проблеме сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании архитектурного проекта. Внимание уделяется хрупкости горных экосистем и необходимости поиска баланса между антропогенной нагрузкой и естественной средой, анализируются риски при проектировании в условиях сложного рельефа. Обосновывается необходимость применения ландшафтно-экологического подхода и принципов «зеленой» архитектуры, учитывающих специфику региона Северного Кавказа.
Ключевые слова: Северный Кавказ, сохранение ландшафта, архитектурный проект, экология, горный рельеф, градостроительство.

Введение

В российском законодательстве отсутствует нормативно-правовая база, регулирующая понятие «горные территории» и их особый статус. Регионы, такие как Дагестан, Северная Осетия, самостоятельно вводят определения горных территорий (от 800 до 1000 метров над уровнем моря) и принимают программы развития, на федеральном же уровне вопросы сохранения ландшафта частично сформулированы в Федеральном законе «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 № 33-ФЗ и Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1. В 2026 году был принят ряд федеральных законов, корректирующих процедуры территориального планирования и зонирования. Архитектурные проекты, реализуемые в горных районах, и требования к ним по сохранению ландшафта регламентируются правовыми документами в зависимости от региона, единых норм нет.

А.М. Базилевич пишет: «Урбанизированные территории в отечественной теории и практике градостроительства, включая ландшафтную составляющую, регламентируются основным директивным документом – Градостроительным Кодексом. Другие сопредельные кодексы – Лесной, Земельный, Водный не имеют между собой и с Градостроительным кодексом прямого соподчинения. В ГК дается определение Градостроительной деятельности как деятельности по развитию территорий, в том числе городов и иных поселений, осуществляемой в виде: территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства, капитального ремонта, реконструкции объектов капитального строительства» [1].

В марте 2026 года стартовал проект ученых Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ) под руководством профессора В. Белозерова, поддержанный грантом Российского научного фонда. Цель — разработка стратегии устойчивого развития горных территорий через туризм без ущерба для природы и местного населения. Туристический бизнес на Северном Кавказе часто возникает стихийно, что приводит не только к разорению предпринимателей, но и к нанесению урона окружающей природе. Итогом проекта должна стать атласная информационная система, которая позволит властям и бизнесу принимать решения о размещении объектов инфраструктуры с учетом ландшафтных ограничений.

Горные ландшафты Северного Кавказа неоднородны и хрупки - выделяются равнинные, предгорные и горные классы ландшафтов, включая полупустынные, степные, лесостепные, горно-лесные и высокогорные луговые подтипы. Каждый из них имеет свои пределы устойчивости к антропогенной нагрузке. Строительство в горах является фактором того, что механическое нарушение растительного покрова ведет к усилению поверхностного стока, эрозии, заиливанию русел и труднообратимым изменениям рельефа и почв.

Основная проблема заключается в отсутствии эффективных механизмов, обеспечивающих баланс между необходимостью развития горных территорий и сохранением их историко-культурного и природного своеобразия. Уникальные ландшафты Северного Кавказа остаются незащищенными от хаотичной застройки и неконтролируемого туристического потока.

Как указывает Г.А. Волчонкова, «ландшафтный урбанизм направлен на создание экологически без опасной и социально-ориентированной структуры территории, открытой навстречу природе и комфортной для людей. Он задает новые подходы к формированию градостроительных структур, основанные на проектировании в соответствии с принципами экологической устойчивости и с бережным сохранением существующей ландшафтной структуры территории» [7].

Обсуждение и результаты

Проблема сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании архитектурного объекта требует комплексного осмысления на нескольких уровнях - градостроительном, архитектурно-типологическом, культурном и экологическом.

Горные ландшафты Северного Кавказа характеризуются сложностью и многообразием - это значительные перепады высот, скалы, реликтовые лесные массивы, уникальные геоморфологические образования. Эти территории обладают высокой природной ценностью и выступают носителями исторической памяти, так как здесь расположены древние аулы, памятники культового и оборонительного зодчества, террасные системы земледелия, образующие целостные историко-культурные ландшафты. Горная среда отличается повышенной уязвимостью к антропогенным воздействиям. Неправильно выбранные объемно-пространственные решения, материалы, нарушение визуальных связей, неоправданные земляные работы способны нанести ущерб ландшафту, восстановление которого требует десятилетий или невозможно вовсе.

Практика сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании архитектурного проекта предлагает несколько подходов.

Первый подход связан с разработкой дифференцированных градостроительных регламентов для территорий историко-культурных ландшафтов. На примере Чеченской Республики предложена типология пяти функциональ-

ных зон - заповедной, музейно-туристической, активного туризма и рекреации, этнокультурного развития и буферной, для каждой из которых определены виды использования территории, предельные параметры застройки, требования к архитектурным решениям, материалам и колористике, условия охраны [4].

Второй подход реализуется в конкретных архитектурных проектах, демонстрирующих принципы уважения к природе и минимизации негативного на нее воздействия. Показателен пример концепции всесезонного горного курорта «Матлас» в Дагестане, где проектные решения направлены на сохранение природного каркаса, минимизацию земляных работ, интеграцию застройки в существующий рельеф и создание многоуровневой пространственной структуры, обеспечивающей панорамные виды и человеческий масштаб среды. Проект предусматривает ограничение использования частного автотранспорта, приоритет пешеходных зон и сохранение зеленых зон в общественные пространства.



Рис.1. Всесезонный горный курорт «Матлас» в Дагестане

Третий подход предполагает системное исследование традиций народного зодчества с целью их интеграции в современное градостроительство. Так, в Северной Осетии разрабатывается практическое руководство по строительству в горах, основанное на изучении исторической горной застройки, анализе строительных приемов и эстетики осетинской народной архитектуры с целью внедрить новые постройки в контекст и идентичность региона.

В ходе исследования были выявлены следующие проблемы, возникающие при проектировании архитектурного проекта в регионе:

Строительство на склонах требует террасирования и срезки грунта, что приводит к активизации оползневых и селевых процессов. Тяжелая техника разрушает дерновый слой, который в горных условиях восстанавливается десятилетиями.

Использование ярких, не свойственных национальной культуре цветов и материалов, строительство высотных зданий в исторических поселениях нарушает целостность застройки. Архитектура не учитывает масштаб горных вершин, заслоняя природное окружение.

Застройка пойм рек и лесных массивов ведет к сокращению ареалов обитания редких видов, занесенных в Красную книгу РФ.

Прокладка новых дорог и коммуникаций фрагментирует ландшафт, создавая барьеры для миграции животных и нарушая естественный сток вод.

Типовая застройка не учитывает традиционные особенности кавказского зодчества, что ведет к потере идентичности среды [5].

Для решения обозначенных проблем возможно, но при соблюдении ряда условий и внедрения некоторых мер.

Архитектурный объект должен не доминировать над ландшафтом, а следовать его пластике, что достигается за счет заглубления или встраивания зданий в рельеф на подземные и полуподземные уровни. Для Северного Кавказа, с его открытыми горными видами, критически важна оценка визуального воздействия, особенно при взгляде с туристических троп и смотровых площадок.

Необходимо использовать эксплуатируемых кровель с озеленением - «зеленые крыши», имитирующих естественный травяной покров, а также дробления объемов на мелкие составляющие, следующие изгибам склонов. Использование местных строительных материалов и колористической гаммы должно быть созвучно окружающей среде и символизировать обращение к традициям кавказского зодчества в современных интерпретациях, но без прямого копирования. Камень (сланец, песчаник, туф), дерево, глина естественным образом стареют, покрываясь патиной, сливаются с геологией места. Современные постройки на Кавказе часто проигрывают историческим именно из-за использования современных материалов (сайдинг, бетонные блоки), которые визуально чужеродны контексту.

С целью сохранения существующих зеленых коридоров и водных артерий проектирование должно включать комплекс мероприятий, таких как высадка растений, восстановление нарушенных почв, использование возобновляемых источников энергии. Чтобы избежать изменения естественного гидрологического режима территории, необходим процесс организации сбора и повторного использования дождевой воды.

Комплексное применение методов проектирования с учетом сохранения ландшафта позволяет снизить минимизировать риск эрозионных процессов, повысить энергоэффективность зданий. Основным барьером остается экономическая составляющая, так как «зеленые» технологии и индивидуальные проекты требуют больших вложений, чем типовое строительство.

Часто ландшафт страдает от сопутствующей инфраструктуры: дорог, освещения, линий электропередач. При проектировании в охраняемых зонах применяются следующие правила:

Свет должен быть направлен вниз, быть минимально необходимым для безопасности.

Прокладка под землей или скрытая интеграция в конструкции инженерных сетей необходимы для сохранения чистоты ландшафта.

Заборы должны быть проницаемыми для дикой фауны и визуально «легкими» (например, сухая кладка из камня вместо сетки-рабицы).

Сохранение ландшафта Северного Кавказа - это вопрос экологической безопасности и устойчивости региона. Только комплексный, междисциплинарный подход, учитывающий геологические, биологические, культурные и экономические факторы, позволит сохранить уникальный облик региона для будущих поколений. Необходима разработка региональных нормативов, жестко регламентирующих высотность, плотность и материалы застройки в горных и предгорных зонах. Проблема сохранения ландшафта здесь решается через поиск баланса между современной функцией и уважением к историческому контексту и природной морфологии. При проектировании нового объекта важно учитывать пропорции и ритм исторической застройки, даже если здание современное.

Выводы

В процессе проектирования на территориях Северного Кавказа архитектурный объект должен рассматриваться как продолжение геопластики, а не как чужеродный элемент. Необходим переход от антропоцентрической к экоцентрической парадигме проектирования.

Северный Кавказ обладает ландшафтной уязвимостью, обусловленной сочетанием сложного рельефа, сейсмичности, уникальных биоценозов и историко-культурного наследия. Любое вмешательство требует предварительного ландшафтного анализа и расчета рекреационной емкости территории.

Основная проблема – соотношение экономической целесообразности и сохранения визуальной целостности ландшафта. Необходимо законодательное закрепление нормативно-правовых норм и охранных зон, исключающих высотную и агрессивную застройку вблизи природных объектов. Сохранение ландшафта невозможно без использования «зеленых» стандартов и местных материалов. Проектные решения должны минимизировать земляные работы, использовать террасирование, конструкции и технологии, снижающие нагрузку на грунты.

Проблема сохранения ландшафта Северного Кавказа при проектировании решаема только при комплексном подходе, синтезирующем юридические, научные и архитектурные аспекты.

Литература

1. Базилевич А.М. Основные парадигмы теории ландшафтного градостроительства // XIV Международная ландшафтная конференция, VII Мильковские чтения, 17-21 мая 2023 года. С. 82-84.
2. Ворокова И. Э., Баликоев Арсен А. Экологически безопасное проектирование // Современная архитектура в контексте реновации горных территорий Северной Осетии: Всероссийская научно-практическая конференция «Горные территории: приоритетные направления развития» (Владикавказ, 24 января 2022 г.). Сборник статей / Отв. ред. А.В. Лукомская; Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). 2022. С. 120-126.
3. Литвинцева Н.А., Дорофеева Н.Н. Взаимодействие архитектуры и рельефа как способ формирования архитектурно-пространственной сред // Вопросы теории и истории в градостроительстве. Том 1. Новые идеи нового века – 2019. С. 227 – 233.
4. Качемцева А.А. Сохранение региональной идентичности в ландшафтной архитектуре // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды. Материалы XVI региональной научно-практической конференции: сборник трудов / Под ред. О.П. Лаврова. Н. Новгород: ННГАСУ, 2020. С.8-12.
5. Копьёва А.В. Ткачева С.С., Масловская О.В. Принципы и приемы формирования архитектурно-ландшафтных комплексов на прибрежных территориях // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 2(59). С. 142-157.
6. Половникова М.В., Исяньюлова Р.Р. Ландшафтная архитектура и садово-парковое искусство: учебное пособие. Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2020. 120 с.
7. Системы озеленения населенных мест: тексты лекций / Сост. Г.А. Волченкова. Минск: БГТУ, 2022. 342 с.

8. Фоменко Н.А. Природа как основа архитектуры // Технические науки – от теории к практике: сборник статей по материалам XXIX международной научно-практической конференции. 2013. № 12(25). С.144-149.
9. Черепанов К.А. Общие принципы формирования и развития (реконструкции) застройки с учетом ландшафтных свойств территории // Молодой ученый. 2013. № 12 (59). С. 189-195.
10. Чернова М.А. Связь архитектуры и окружающего ландшафта // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru/2021/article/2018026255?ysclid=muq075enln909394827 (дата обращения: 01.10.2026).

Preserving the North Caucasus landscape in architectural design

Tsgoeva A.V., Bedoev A.R., Semenov D.V., Khubulov Kh.V., Pogosova A.G.
North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

JEL classification: L61, L74, R53

The North Caucasus is a unique mountainous region characterized by a concentration of natural diversity and centuries-old cultural heritage. The mountain landscapes of the Caucasus are included in the UNESCO World Heritage List, underscoring their value. This entails a special responsibility when undertaking architectural, construction, and design activities. However, contemporary urban planning in the region faces a dilemma: while growing tourism and socio-economic development necessitate infrastructure expansion, any intervention in the mountain environment risks degrading the landscape. This article addresses the challenge of preserving the North Caucasus landscape during the architectural design process. It highlights the fragility of mountain ecosystems and the need to strike a balance between anthropogenic impact and the natural environment, while analyzing the risks associated with designing in complex terrain. The article argues for the necessity of adopting a landscape-ecological approach and "green" architecture principles that take into account the specific characteristics of the North Caucasus region.

Keywords: North Caucasus, landscape preservation, architectural project, ecology, mountain terrain, urban planning.

References

1. Bazilevich A.M. Key Paradigms of Landscape Urbanism Theory // XIV International Landscape Conference, VII Milkov Readings, May 17–21, 2023. Pp. 82–84.
2. Vorokova I.E., Balikoev Arsen A. Environmentally Safe Design // Modern Architecture in the Context of the Renovation of Mountainous Territories in North Ossetia: All-Russian Scientific and Practical Conference "Mountainous Territories: Priority Areas of Development" (Vladikavkaz, January 24, 2022). Collection of Articles / Ed. A.V. Lukomskaya; North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). Vladikavkaz: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 2022. Pp. 120–126.
3. Litvintseva N.A., Dorofeeva N.N. Interaction Between Architecture and Topography as a Method of Shaping the Architectural-Spatial Environment // Issues of Theory and History in Urban Planning. Vol. 1. New Ideas of the New Century – 2019. Pp. 227–233.
4. Kachemtseva A.A. Preserving Regional Identity in Landscape Architecture // Landscape Architecture and the Formation of a Comfortable Urban Environment. Proceedings of the XVI Regional Scientific and Practical Conference / Ed. O.P. Lavrov. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2020. Pp. 8–12.
5. Kopyova A.V., Tkacheva S.S., Maslovskaya O.V. Principles and techniques for shaping architectural-landscape complexes in coastal areas // Bulletin of the School of Engineering, Far Eastern Federal University. 2024. No. 2(59). Pp. 142–157.
6. Polovnikova M.V., Isyanyulova R.R. Landscape architecture and the art of garden and park design: a study guide. Saratov: IPR Media, 2020. 120 p.
7. Greenery systems for human settlements: lecture notes / Comp. G.A. Volchenkova. Minsk: BSTU, 2022. 342 p.
8. Fomenko N.A. Nature as the basis of architecture // Technical sciences – from theory to practice: collection of articles based on the proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference. 2013. No. 12(25). Pp. 144–149.
9. Cherepanov K.A. General principles of the formation and development (reconstruction) of built environments, taking into account the landscape characteristics of the territory // Young Scientist. 2013. No. 12 (59). Pp. 189–195.
10. Chernova M.A. The connection between architecture and the surrounding landscape // Proceedings of the XIII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum" URL: https://scienceforum.ru/2021/article/2018026255?ysclid=muq075enln909394827 (accessed: 01.10.2026).

Архитектурно-художественные особенности реновации жилых кварталов (на примере Северного Кавказа)

Шеламова Екатерина Петровна
Старший преподаватель, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), dkb000@mail.ru

Аркаева Алана Вадимовна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Басаева Анастасия Борисовна
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),

Бедоева Амина Эльбрусовна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)

Реновация жилых кварталов современных городов в условиях плотной застройки, физического износа жилищного фонда, проблем безопасности и инфраструктурной обеспеченности превращается в комплексный социально-культурный проект, требующий учёта региональной специфики. Для Северного Кавказа эта проблема приобретает особую остроту и сложность. Статья посвящена архитектурно-художественным особенностям реновации жилых кварталов на примере Северного Кавказа. Актуальность исследования обусловлена тем, что необходимо обновление жилого фонда, но с сохранением уникальной историко-культурной и природно-климатической идентичности территории. В исследовании анализируется специфика архитектуры Северного Кавказа, в том числе национальные методы композиционных форм, цветовые решения и используемые материалы. Особое внимание уделяется синтезу современных градостроительных технологий и национальных традиций, характеризуются принципы художественной выразительности при осуществлении реновации. Цель статьи - теоретически изучить архитектурно-художественные особенности реновации жилых кварталов на примере Северного Кавказа.
Ключевые слова: архитектурно-художественные особенности, реновация, жилые кварталы, Северный Кавказ, национальная идентичность, традиции.

Введение

Реновация жилых кварталов в регионе Северного Кавказа связана с архитектурно-художественными особенностями, суть которых заключается в интеграции национальных традиций в современные жилые пространства. На Северном Кавказе существует проблема незаконного и хаотичного жилищного строительства. Так, в Дагестане выявлено более 800 многоквартирных домов, возведённых с нарушениями требований безопасности, без учёта норм сейсмостойкости, пожарной безопасности и без получения технических условий на подключение к инженерным сетям. В таких условиях реновация на Северном Кавказе приобретает во многом вынужденный характер. Активно внедряются механизмы комплексного развития территорий. В Нальчике реализуется масштабный проект комплексной застройки района «Восточный» с расчётной численностью населения более 45 тысяч человек и объёмом жилья свыше 1 млн. кв. метров. Реновация стала градостроительной практикой региона.

На Северном Кавказе любой проект обновления жилой среды синтезируется с этнокультурным контекстом, который связан с сохранением национальной идентичности. Традиционное народное жилище региона обладает глубокой самобытностью, так как горские поселения являются отражением архитектурных традиций горных народностей, они вырабатывались на протяжении столетий с учётом рельефа, климата, общественно-политической ситуации. Типовая застройка советского периода распространилась в северокавказских городах в 1960–1980-е годы без учета традиций и региональной характерности.

Обсуждение и результаты

Реновация жилых кварталов на Северном Кавказе связана с такими аспектами, как построение стратегий разработки городского дизайна с учетом духовных достопримечательностей; современная интерпретация национального архитектурного языка; социокультурное восстановление застроек путем встраивания церемониальных общественных зданий в высотные жилые районы. Обновление кварталов на Северном Кавказе является реконструкцией пространственного порядка.

Ряд городов в регионе Северного Кавказа, такие как Грозный и Шали, пережили быструю урбанизацию, большие мечети здесь служат духовными центрами. Новые жилые кварталы демонстрируют современность и национальную идентичность. В таких местах, как Махачкала, незаконные высотные здания, накопившиеся после распада Советского Союза, подвергаются систематическому сносу, что делает проблему обновления с учетом фактора безопасности особенно актуальной. Реновация в этом регионе происходит сложнее, чем снос и реконструкция, так как она включает в себя трансформацию жилого наследия советской эпохи, управление хаотичной постройкой постсоветской эпохи и выражение культурной идентичности в новом развитии.

План реконструкции Шали является типичным примером выше описанной стратегии. Расположенный в 26 километрах от Грозного, Шали является местом одной из крупнейших мечетей Европы – «Гордость мусульман». Присутствие этого здания из белого мрамора представляет собой фундаментальную задачу для любого крупномасштабного жилого комплекса. Совместный проект архитектурной фирмы MAM и градостроительного агентства Urbanica предложил спроектировать жилые дома не как самостоятельные архитектурные произведения, а как «визуальная рамка», служащая для представления мечети.



Рис. 1. Жилая застройка вокруг мечети «Гордость мусульман» в г. Шали

Жилой фонд вокруг мечети ограничен 5-10 этажами, каскадом спускающимися к центру города ступенчатой планировкой, чтобы избежать визуального загораживания мечети. В качестве фасадных материалов выбраны матовая краска и натуральный камень, которые создают нейтральный фон, обеспечивая визуальное доминирование белого мрамора мечети. Жилые дома намеренно отступают от границы участка, уступая пространство, выходящее

на улицу, пешеходным дорожкам и общественным пространствам, образуя плавную визуальную последовательность от городских улиц к мечети.

Архитектурный стиль строящегося жилого района «Проспект Путина» в г. Грозном представляет собой современный исламский стиль с фасадами, украшенными традиционными чеченскими узорами, карнизными башнями, которые являются современной интерпретацией горных сигнальных башен. Эти декоративные элементы позволяют новому жилому району визуально гармонично синтезироваться с существующими городскими достопримечательностями.



Рис. 2. «Проспект Путина» в г. Грозном

В культурном контексте Северного Кавказа мечети являются не только носителями религиозных функций, но и материальным выражением городской коллективной идентичности. Сдержанность в архитектурном выражении жилых зданий становится активной культурной позицией, утверждающей приоритет духовных ценностей над функциями жилых помещений с помощью визуального подчинения.

Карнизные башни новостроек в данном аспекте являются не просто декоративными элементами, а отсылкой к традиционным оборонительным башням чеченских гор. Оборонительная функция традиционной башни заменена системой безопасности современного жилого района, но сохранение формальных элементов придает зданиям узнаваемую культурную идентичность. Дизайн же уличного освещения также опирается на формальную логику традиционных объектов, устанавливая прямую связь между функциональностью и символикой.

Использование золотых вставок и зеркальных элементов в проекте Шали воплощает функцию защиты от солнца, что дает выбору формы техническое обоснование для адаптации к климату. С архитектурной точки зрения, эта стратегия функционального декора избегает поверхностного присвоения национальных символов, синтезирует культурное выражение с логикой строительства.

В многоэтническом регионе Северного Кавказа культурно-художественный контекст реновации жилых районов не может оставаться лишь на уровне символической ассоциации. Одноэтажные традиционные здания должны быть специально выделены в густонаселенных жилых районах для проведения национальных ритуалов повседневной жизни [8]. Эти здания обладают самобытными архитектурными художественными характеристиками, легко узнаваемы, в них воплощены национальные архитектурные традиции. Культурная идентичность требует размещения функциональных пространств.

Но в жилых районах новостроек возникают проблемы с размещением традиционных ритуальных мероприятий в их функциональной планировке. Следует отметить, что в традиционном кавказском обществе ритуальные мероприятия требуют специального пространственного оформления. Они характеризуются коллективным характером деятельности, непрерывностью и звуковым оформлением, создавая естественное напряжение с плотностью застройки и акустической средой многоэтажных жилых домов. Советская планировка жилых районов не учитывала эту потребность, современные жилые комплексы также не отвечают этому спросу с точки зрения размера квартир и планировки общественных пространств.

Одноэтажная церемониальная архитектура Северного Кавказа представляет собой художественную ценность и отражает национальную идентичность. Когда основной формой застройки в жилом комплексе являются высотки, материальная основа традиционного образа жизни не всегда учитывается. Планирование такой архитектуры является неотъемлемой частью процесса проектирования жилого района.

С архитектурной точки зрения, проектные задачи таких зданий должны учитывать их оригинальность без потери культурной идентичности. Такие здания остаются редкостью в существующих практиках городского обновления на Северном Кавказе.

Понимание архитектурно-художественных особенностей реновации жилой застройки на Северном Кавказе связано с аспектами реконструкции порядка. Случай Махачкалы раскрывает другую сторону проблемы. Проблема самостроя в столице Дагестана достигла критического уровня. Большое количество высотных жилых зданий было построено без разрешений и без соблюдения сейсмо- и пожарной безопасности, что привело к системной перегрузке инфраструктуры. В 2025 году руководство республики объявило о запуске плана реновации, предусматривающего снос незаконных построек. Это придает процессу строительства политические значение. В Махачкале качество фасада и пространственное качество любой новостройки - это доказательство законности и соответствия нормам. Обновленный архитектурный стиль демонстрирует принципиальное различие между новым строительным порядком и существующим хаосом. Дагестан выделил три зоны комплексного развития региона и определил 12 потенциальных участков для реновации [5].

Но опыт Ставропольского края демонстрирует желание перенять опыт перестройки Москвы. Между тем, сообщество архитекторов района считает, что строительство по-прежнему ведется по-старому, без комплексного градостроительства. Архитектурно-художественные реновации, таким образом, требует активного участия и творческой работы местных архитекторов. В условиях ограниченных ресурсов и рыночной логики архитектурное выражение часто становится первым измерением, которому идет на компромисс.

Выводы

Практика реновации жилых районов на Северном Кавказе представляет собой архитектурную стратегию, отличающуюся от направления реновации центральной России. Она стремится к синтезу советского наследия, постсоветского самостроя и современных религиозных памятников. В основе этой стратегии - визуальный порядок, основанный на духовных ориентирах, функциональный перевод национального архитектурного языка и реакция на отсутствие ритуальных пространств. Обеспечение ритуальной архитектурой в системе пока не достигнуто. Рыночно-ориентированные проекты городской реновации часто рассматриваются как украшение, вопросы архитектурного качества в управлении самостроем в большей степени опираются на институциональное принуждение, чем на творческое проектирование.

Реновация жилых кварталов Северного Кавказа представляет собой не только градостроительную и техническую, но и архитектурно-художественную задачу, поскольку затрагивает исторически сложившуюся среду, обладающую выраженной региональной идентичностью. Архитектурно-художественная специфика реновации в регионе определяется комплексом факторов, таких как горный и предгорный рельеф, климатические особенности, полиэтнический состав населения, традиции народного зодчества, современные требования к комфортности, плотности и энергоэффективности жилья.

Основными же архитектурно-художественными принципами реновации являются сохранение и интерпретация традиционных композиционных приёмов, адаптация новых объектов к историческому контексту и ландшафту, формирование выразительного силуэта и колористики застройки с учётом региональных особенностей, создание общественных пространств, отражающих культурные традиции населения.

Реновация жилых кварталов Северного Кавказа имеет выраженную специфику по сравнению с центральными регионами России: она чаще связана с реконструкцией малоэтажной и среднеэтажной застройки, необходимостью учёта сейсмичности, сложного рельефа и плотной сложившейся среды. Архитектурно-художественные решения при реновации должны приниматься на основе комплексного анализа, включающего историко-культурные, градостроительные, ландшафтные и социальные аспекты, а также участие местного сообщества.

Таким образом, эффективная реновация жилых кварталов Северного Кавказа возможна при синтезе региональной идентичности, качества жилой среды, современных технологий и материалов, традиций народной архитектуры. Архитектурно-художественные особенности реновации формируют модель обновления жилой среды, которую целесообразно учитывать при разработке региональных программ реновации, градостроительных регламентов и проектов планировки.

Литература

1. Бабенко Г.В. Актуальность альтернативы «снос или реновация» для жилищного комплекса крупных городов // Вестник Коми республиканской академии государственной службы и управления. Серия: Теория и практика управления. 2017. № 18(23). С. 81-84.

2. Ворокова И.Э., Наниев А.Г. Проектирование с учетом геопатогенных факторов // Современная архитектура в контексте реновации горных территорий Северной Осетии: Всероссийская научно-практическая конференция «Горные территории: приоритетные направления развития» (Владикавказ, 24 января 2022 г.). Сборник статей / Отв. ред. А.В. Лукомская; Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). 2022. С. 132-139.

3. Грушина О.В., Торгашина И.Г. Реновация жилых кварталов в регионах: опыт моделирования и практика реализации // Жилищные стратегии. 2020. Том 7. № 1. С. 9-30.

4. Киевский Л.В., Киевский И.Л., Сергеева А.А. Возможность реновации жилой застройки в городах России // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. С. 31-41.

5. Киевский Л.В., Киевский И.Л. Теория реновации: монография. М.: Столица, 2023. 528 с.

6. Кирпиченков А.А. Разработка основных положений повышения эффективности реализации проектов в рамках реализации программы реновации жилой застройки // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования

– 2023: сборник докладов IV Национальной научной конференции Москва, 15 декабря 2023 г. М.: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. С. 1029-1036.
7. Нисредов А.А. Условия и факторы, повлиявшие на формирование традиционной архитектуры жилых домов в Республике Дагестан // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 3(72). С. 114-131.
8. Овсянникова Т.Ю., Баранова И.Д. Проблемы комплексной реновации жилищного фонда и развития застроенных территорий // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития: материалы Седьмой международной научно практической онлайн-конференции. Иркутск: Байкальский государственный университет, 2021. С. 306-310.
9. Реновация городской среды: исторические прецеденты / Ответственный редактор-составитель И.А. Бондаренко. М., СПб.: archi.ru/ Коло, 2021. 333 с.
10. Чергизова Х.А., Каракова Т.В. Национально-культурный контекст архитектурной идентичности городов Северного Кавказа // Градостроительство и архитектура. 2024. Том 14, № 3. С.131-138.

Architectural and aesthetic features of residential district renovation (a case study of the North Caucasus)

Shelamova E.P., Arkaeva A.V., Basaeva A.B., Tsavkaeva V.Kh., Bedoeva A.E.
North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

JEL classification: L61, L74, R53

The renovation of residential districts in modern cities—amidst high-density development, the physical deterioration of housing stock, and challenges regarding safety and infrastructure—is evolving into a complex socio-cultural project that requires consideration of regional specifics. In the North Caucasus, this issue is particularly acute and complex. This article examines the architectural and aesthetic aspects of residential district renovation, focusing on the North Caucasus region. The study is driven by the need to modernize housing stock while preserving the territory's unique historical-cultural and natural-climatic identity. The research analyzes the specific architectural characteristics of the North Caucasus, including traditional compositional methods, color schemes, and materials. Particular attention is paid to the synthesis of modern urban planning technologies and national traditions, and the principles of artistic expression in the renovation process are outlined. The article aims to provide a theoretical analysis of the architectural and aesthetic features of residential district renovation, using the North Caucasus as a case study.

Keywords: architectural and aesthetic features, renovation, residential districts, North Caucasus, national identity, traditions.

References

1. Babenko G.V. The relevance of the "demolition vs. renovation" alternative for the housing stock of large cities // Bulletin of the Komi Republican Academy of Public Administration and Management. Series: Management Theory and Practice. 2017. No. 18(23). Pp. 81-84.
2. Vorokova I.E., Naniev A.G. Design taking into account geopathogenic factors // Modern architecture in the context of the renovation of mountainous territories of North Ossetia: All-Russian Scientific and Practical Conference "Mountainous Territories: Priority Areas of Development" (Vladikavkaz, January 24, 2022). Collection of articles / Ed. A.V. Lukomskaya; North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). Vladikavkaz: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University). 2022. Pp. 132-139.
3. Grushina O.V., Torgashina I.G. Renovation of residential neighborhoods in the regions: modeling experience and implementation practice // Housing Strategies. 2020. Vol. 7. No. 1. Pp. 9-30.
4. Kyiv L.V., Kyiv I.L., Sergeeva A.A. Feasibility of renovating residential areas in Russian cities // Industrial and Civil Engineering. 2020. No. 11. Pp. 31-41.
5. Kyiv L.V., Kyiv I.L. Renovation Theory: Monograph. Moscow: Stolitsa, 2023. 528 p.
6. Kirpichenkov A.A. Development of Key Principles for Improving Project Implementation Efficiency within the Residential Renovation Program // Current Issues in the Construction Industry and Education – 2023: Proceedings of the 4th National Scientific Conference, Moscow, December 15, 2023. Moscow: Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 2024. Pp. 1029–1036.
7. Nisredov A.A. Conditions and Factors Influencing the Formation of Traditional Residential Architecture in the Republic of Dagestan // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. No. 3(72). Pp. 114–131.
8. Ovsyannikova T.Yu., Baranova I.D. Challenges of Comprehensive Housing Stock Renovation and Built-up Area Development // Economics and Management of Construction in the Context of Environmentally Oriented Development: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Online Conference. Irkutsk: Baikal State University, 2021. Pp. 306–310.
9. Urban Environment Renovation: Historical Precedents / Executive Editor and Compiler I.A. Bondarenko. Moscow, St. Petersburg: archi.ru / Kolo, 2021. 333 p.
10. Chergizova Kh.A., Karakova T.V. National-Cultural Context of Architectural Identity in North Caucasus Cities // Urban Planning and Architecture. 2024. Vol. 14, No. 3. Pp. 131–138.

INNOVACII i INVESTICII
№10 2026
научно-аналитический журнал
ISSN 2307-180X
ИННОВАЦИИ и ИНВЕСТИЦИИ

PART 2: Construction. Architecture

MODERN TECHNOLOGIES

Experimental Investigation of the Frequency-Dependent Cyclic Behavior of Sands with Different Particle-Size Distributions. Alanoca Chambi Cesar Alfonso 4
Determination of Normal Stresses in Beams under Transverse Bending: Comparison of the Navier Formula and the Finite Element Method. Alferov I.V., Eiduk A.B. 8
Integration of heterogeneous information resources in a landscape fire risk assessment system (using the Kemerovo region – Kuzbass as an example). Anikina Yu.A., Ishchenko V.A. 11
Application of machine learning algorithms in the design of textile reinforcing systems to improve the strength and energy parameters of reconstructed structures. Anchakov R.V. 14
Modeling the Structure and Properties of a Lightweight Plaster System Using Volcanic Tuff. Demisse B.A., Yazyev S.B., Zhukov A.D., Medvedev A.A. 18
Properties of a lightweight plaster system incorporating volcanic tuff. Demisse B.A., Yazyev S.B., Zhukov A.D., Efimov B.A. 21
Mathematical Modeling of the Multisensor Data Acquisition Process. Epifantsev K.V. 24
Resource Potential of Technogenic Waste in the Context of Circular Transformation of the Construction Industry (A Case Study on the Utilization of Spent Catalyst KU-2FPP). Kasperavichyus M.V., Miroshnichenko I.Yu. 27
Effect of preliminary pressure flotation on the operation of a fibrous polymer separator for wastewater treatment. Korneeva E.A. 30
Methods for analyzing the product-market contours of IT companies. Kudinov P.S. 33
An approach to selecting informative network traffic features for operational computer attack detection. Kuzmichev V.A., Ilyina M.A. 37
Logical Analysis of the Finite Element Method Algorithm for Geometric Nonlinearity Based on the Variable Marking Method. Luo Zhen 40
Some aspects of creating billing tools at infrastructure enterprises based on 1c:enterprise. Lupanov N.V. 44
Automation of CRM segmentation using ML-prediction and LLM-based content generation. Makarchuk T.A., Mikhaylov A.N., Staver E.Yu. 48
Evaluating the Efficiency of the CUPED Method for Product Metrics in Digital Services. Minakov A.D. 52
Modeling of market scenarios for the production of critical metals. Nevolin A.E. 56
Scientific, theoretical and practical aspects of the impact of aggressive environments on reinforced concrete structures of transport structures. Taraseeva N.I., Ratkin V.V., Tsirulev I.V., Tumanyan V.K. 60
An autonomous multi-layered digital trace analysis platform with an assembly of small language models, controlled vulnerability exploitation, and end-to-end anonymization. Telbukh V.V., Danilov V.V., Romanov P.A. 64
Multi-component loading for wastewater treatment. Samodolova O.A., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M., Denisov S.E., Samodolova K.A. 68
A system of statistical indicators for assessing the impact of the highspeed railway line “Moscow – Saint Petersburg” on the capacity and economic efficiency of the oktyabrskaya railway. Abramov A.O., Sapronov A.A. 71
Empirical assessment of the economic barriers to digital learning. Svistunov Yu.A. 75
Application of artificial intelligence methods to assess and minimize the risks of personal data leakage in vpn services. Smirnov V.M. 78
Low-carbon oil and gas logistics: multi-objective optimization of cost, delivery reliability and methane emissions across the supply chain. Somov A.G., Zhukov V.V., Skvortsov A.V. 82
Analysis of Requirements for Flooring Used in Evacuation Routes of Modern Outpatient and Polyclinic Facilities. Vedernikova A.A., Sonina Yu.E. 86
Comparative analysis of cad and plm systems for automating design and research activities. Tedoradze T.G., Mikhailova L.E. 90
Software System for Preliminary Assessment of Independent Work in Mathematical Analysis. Filimonova E.G., Titov V.E. 94
Development of a theoretical and practical model for process control using machine vision methods under the influence of environmental factors. Tumanov A.Yu., Andryushin G.V. 97
Economic and statistical analysis of the costs of automotive manufacturers for passive safety in the context of the structural transformation of the Russian automotive market. Ustinov K.A. 100
Estimation of the latent structure of bilateral trade costs using an inverse optimal transport problem. Fedotov P. A. 104
Comparative analysis of tension stress-strain diagram approximation options in the calculation of crack resistance for steel-fiber reinforced concrete flexural members. Golubeva A.M., Khegai T.S. 107
Testing a new thin-layer module design for wastewater treatment with a high concentration of suspended solids. YU Shuaixian 111
Development of a concept for building the information system of a server development enterprise. Anzhina V.A. 115
The influence of highenergy modes on the dynamics of the graviton in the method of overcoming ultraviolet divergences. Arefyev A.V., Borodyansky Yu.M., Dagaev A.V., Kurlov V.V., Guliyev R.B.O. 119
An innovative approach to studying the optical properties of cosmetic products using digital interferometry. Maiorov E.E., Guliyev R.B.O., Dagaev A.V., Borodyansky Yu.M., Tayurskaya I.S. 122
Logarithmic Approximation of Temperature Amplitude Difference Curves as a Tool for Comparative Assessment of Structural and Technological Solutions for Thermal Stabilization of Roadbeds on Permafrost. Artyushenko I.A., Panteleev T.M. 125
Surrogate Modeling of the Lorenz System Using an Autonomous Extra Trees Ensemble. Filimonova E.G., Titov V.E., Voronova P.A. 129

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

Sustainable Spatial Development of the Arctic Zone of the North-East of the Russian Federation: Urban Planning Strategies in the Context of Climate Transition and Expansion of the Northern Sea Route. Alekseev N.N. 132
Technology for producing concrete from recycled concrete aggregates and their mechanical properties. Al-Ashmori Ahmed Mutahar Saleh, Abu Mahadi Mohammed Ibrahim 136
Modern Solutions for Enhancing the Accessibility of Transport Infrastructure Facilities for People with Reduced Mobility. Chistyy Yu.A., Badanova V.G. 140
The concept for the development of ski resorts in the northern caucasus. Vikhrenko G.I., Shevchenko L.P. 143
An analysis of the design experience of European ski resorts: urban planning aspects. Vikhrenko G.I., Shevchenko L.P. 147
Typology of Low- and MediumRise Housing: International Experience of Consumerist, Functionalist, Interactionist and Environmentalist Approaches. Da Fonseca V. C. Morjadino, Khalil I. 151
An Architectural Approach to Transforming End-to-End Supply Chain Management Processes Based on the TOGAF ADM Methodology. Kaplya I.R. 155
International and domestic practices in developing small urban green spaces. Kerimova N.A., Serov D.A., Grishkina M.S. 159
Geotechnical principles of strategic planning of megacity underground space: the beijing experience. Konyukhov D.S. 163
Mathematical model of the local road pavement repair process using a construction 3D printer. Krotov O.M. 167
Methodology for selecting innovative solutions for the modernization of building gas-supply pipeline systems based on an integrated assessment. Kurovsky S.V., Mishin D.A., Yusin D.S. 171
The synthesis of music and architecture in art history: from the ancient amphitheater to acoustic modernism. Andriyash A.V., Lebedev O.P. 175
Applicability limits of calculation models for ventilated facade anchorages to reinforced concrete. Lukov A.V., Magomedov I.M. 180
Field studies of a bored pile with a soil-polymer widening under its lower end. Maltsev A.V., Karpov A.A. 184
Improving the design of external building envelope systems to enhance acoustic comfort in multi-apartment residential buildings in dense urban areas. Markich A.A., Gromyko A.N. 189
Rationale for the selection of biopositive materials for load-bearing and enclosing structures in housing construction. Marunchenko A.M. 192
Comparative analysis of existing types of reinforcement for reinforced concrete supports of technological overpasses. Nesterov D.V. 195
The modern paradigm of integrating immersive technologies in the construction industry. Plotnikov S.A., Ovcharenko E.E., Samosudov E.A., Sergeyeva P.S., Nazarova A.A. 198
Relationship between the Development of the Architectural Organization of Innovation Centers within the University Structure and the University Model. Polyakov A.Vy., Sergeevna I.M. 201
Historical Continuity in the Culture of Russian Management (Based on Evidence from Architecture and Construction). Pilyak S.A., Ponomareva M.V. 205
Physical-mechanical properties and biological resistance of porous asphalt concretes. Samarov A.S., Lesnov V.V. 208
Analysis of transport hubs of the agglomeration in Novosibirsk and Novosibirsk region. Silkin A.V. 212
Analysis of transport interchange hubs of Irkutsk agglomeration. Silkin A.V. 215
Application of the Finite Element Method to Determine the Error in Reducing Multilayer Pavement Structures to Two-Layer Computational Models for the Strength-Based Design of Flexible Pavements. Lebedev M.A., Simonova A.S. 218
Creation of an open public space based on an artificial water body at a nuclear power plant. Barsukov E.M., Chernykh A.V. 222
Comparative analysis of the efficiency of precast and cast-in-place reinforced concrete in modern construction. Esedullaev R.M. 226

Definition of the Characteristics of the Unmanned Aviation System when Carrying out Search and Rescue Operations in Wetted Areas. Arkhipov V.O., Sharapov A.A. 230
Conclusion 233
The Role of Estate Parks and the Significance of Urban Greening in the Socio-Cultural and Environmental Development of Moscow. Ustinov I.A. 238
Architecture of resort complexes in high-altitude areas (a case study of the North Caucasus). Abdulkadyrova E.Yu., Khubulova D.G., Fomina A.A., Siukaeva M.G., Tedeeva A.A. 241
The need to coordinate urban planning policy with energy infrastructure development plans (a case study of the North Caucasus). Balikoev A.A., Dzugaeva K.A., Tsirikhov O.T., Kuznetsova A.S., Kozonova A.O. 243
Preserving the North Caucasus landscape in architectural design. Tsgoeva A.V., Bedoev A.R., Semenov D.V., Khubulov Kh.V., Pogosova A.G. 246
Architectural and aesthetic features of residential district renovation (a case study of the North Caucasus). Shelamova E.P., Arkaeva A.V., Basaeva A.B., Tsavkaeva V.Kh., Bedoeva A.E. 249