Типология архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий, и современные тенденции их применения

Ким Ярослав Андреевич
аспирант, ЦНИИП Минстроя России, kimaroslav711@gmail.com

Расширение применения аддитивных технологий сопровождается усложнением архитектурных решений и формированием новых оснований для типологического различения объектов. В настоящем исследовании рассмотрены существующие подходы к классификации архитектурных объектов, изучены особенности их формообразования и систематизированы современные тенденции применения аддитивных технологий в архитектуре. Методы исследования: обобщение, формализация, анализ, синтез, систематизация, а также концептуальное моделирование. Результат: разработана схема типологии архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий. Выводы: а) типология архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий, целесообразно формируется на основании признаков, характеризующих форму и характер аддитивного формирования объекта. б) типологическое различение связано с геометрией, материалом и степенью аддитивного формирования архитектурного целого. в) современное развитие подобных объектов связано с усложнением архитектурной формы под влиянием цифровых методов проектирования и совершенствования аддитивного производства.

Ключевые слова: аддитивные технологии, архитектурные объекты, типология, формообразование, параметризация, цифровое проектирование.

Введение

Такая форма, как аддитивные технологии, «позволяет, постепенно добавляя материалы, наращивать необходимую форму для производства чего-либо» [1, с. 6]. В настоящее время в строительстве активно создаются объекты, формируемые с применением аддитивных технологий. Однако в действующей российской нормативной базе официальное закрепление типологии архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий, пока отсутствует. Так, в классификаторе объектов капитального строительства группировка проводится по назначению и функционально-технологическим особенностям [2], вследствие чего способ изготовления объекта остаётся вне состава установленных оснований типологизации. В комплексе национальных стандартов (ГОСТ Р 59095–2020 [3], ГОСТ Р 59096–2020 [4] и ГОСТ Р 59097–2020 [5]) нормативное описание сосредоточено на материалах аддитивного строительного производства и процедурах оценки их качества, однако специальная типология архитектурных объектов также отсутствует.

В международной стандартизации закреплённой на официальном уровне типологии архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий, также нет. Так, стандарт ISO/ASTM 52900:2021 систематизирует терминологию и категории процессов аддитивного производства [6], стандарт ISO/ASTM 52910:2018 устанавливает требования и рекомендации к проектированию изделий, компонентов и систем, изготавливаемых средствами аддитивного производства [7].

Наиболее близким международным стандартом выступает ISO/ASTM 52939:2023 «Аддитивное производство в строительстве – принципы квалификации – конструктивные и инфраструктурные элементы», посвящённый обеспечению качества аддитивного строительства, характеристикам технологических процессов, а также фундаментальным конструктивным и инфраструктурным элементам зданий [8]. В данном стандарте закрепляется процессно-ориентированный характер рассмотрения аддитивного строительства, тем не менее отдельной типологии объекта с применением аддитивных технологий не имеется. Таким образом, различие между нормативной классификацией объектов по функции и технологическим нормированием аддитивного строительного производства обосновывает необходимость разработки типологии, в которой основанием различения выступают особенности формирования самого объекта с применением аддитивных технологий.

Результаты и обсуждение

Наиболее дискуссионным вопросом типологизации остаётся выбор признаков, с которыми связывается различение архитектурных объектов, поскольку содержание типологии определяется характером формообразования и степенью включения аддитивного изготовления в формирование объекта. В научной литературе по аддитивному строительству внимание часто сосредоточено на классификации технологических процессов и способов изготовления, вследствие чего архитектурные характеристики объекта рассматриваются фрагментарно [9]. В частности, в таксономии реализованных зданий различение проводится по способу печати и кинематике оборудования, вследствие чего архитектурный объект описывается преимущественно посредством параметров производства, тогда как характер его формы остаётся отдельным основанием анализа [10].

Как и любая инженерно-технологическая классификация, систематизация аддитивного строительства характеризуется определённой областью применения. Так, строительные системы могут быть сгруппированы по масштабу, среде изготовления и способу сборки, однако данная группировка характеризует организацию производства точнее, чем пространственную организацию архитектурного объекта [9]. Хотя в современных работах к классификационным основаниям относятся размер здания и способ изготовления, связь этих параметров с геометрией и пространственной структурой объекта раскрывается как отдельная исследовательская задача [11]. Поэтому архитектурное содержание анализа оказывается суженным в случае прямого переноса инженерно-технологических классификаций, поскольку различение объектов должно учитывать признаки их формы и пространственной организации.

Наряду с различением технологических способов существенное значение связано с выделением архитектурных признаков в контексте формирования типологии объектов. Сюда входит различение геометрического характера формы и способа пространственного членения объекта, поскольку геометрия непосредственно соотносится с возможностями аддитивного изготовления [12]. В свою очередь, архитектурный тип определяется сочетанием признаков, которое соотносится с масштабом объекта и степенью включения аддитивного изготовления в его формирование [11]. Речь здесь может идти о выделении типов по характеру формообразования и уровню интеграции аддитивного производства, способных учитывать различия

архитектурных объектов, которые остаются вне инженерно-технологической систематизации.

В современной научной литературе по аддитивному строительству представлена связь между основанием классификации и тем уровнем объекта, к которому относится систематизация, в то же время содержание выделяемых групп зависит от рассмотрения назначения здания, его масштаба или особенностей изготовления [10]. Систематизация реализованных проектов также характеризуется преобладанием классификационных оснований, связанных с функцией и размерными характеристиками зданий, наряду с особенностями производственной организации [11]. Объединить рассмотренные основания вокруг характеристик архитектурного объекта возможно в рамках *функционально-типологического подхода*, поскольку на уровне здания назначение сооружения соотносится с особенностями его архитектурного формирования.

Содержательная специфика *подхода по масштабу архитектурного объекта* проявляется в рамках его сопоставления с классификацией, соответствующей функционально-типологическому подходу. Последняя сосредоточена на назначении здания, в то время как масштаб характеризует уровень архитектурного целого, так как одинаковая функция может воплощаться в сооружениях различной площади и пространственной развитости [10]. Так, в работе Плачека и Швердтнера размер здания соотносится с типом печатного оборудования и производственной стратегией, в рамках которой масштаб связан с возможностью цельноформатного или сегментированного изготовления [11]. Различение объектов по масштабу относится к их пространственным характеристикам, вследствие чего отличие между двумя подходами определяется самим основанием классификации и стороной архитектурного объекта, раскрываемой посредством соответствующей группы.

Структурно-компонентный подход как основание классификации применяется к различению архитектурных объектов по составу аддитивно изготовленных частей и характеру их включения в здание. Кроме того, в его рамках учитываются варианты, в которых печатная стена выступает конструктивной частью или постоянной формой для последующего бетонирования [13]. Различия конструктивной роли аддитивно изготовленных элементов существенно влияют на характеристику архитектурного объекта в целом [14].

Ещё один – *морфологический подход* относится к более широкому кругу архитектурных признаков, так как его содержание связано как с геометрией объекта, так и с тем, каким образом форма соотносится с возможностями аддитивного изготовления [12]. Геометрические характеристики входят в архитектурное описание объекта по причине зависимости между конфигурацией плана и параметрами печати. Пространственная организация поверхности формируется в процессе создания оболочки и отражает характер её геометрического развития [15]. Морфологическое основание типологии на уровне архитектурного объекта конкретизируется в различиях геометрии и структуры формы, вследствие чего объект рассматривается и как пространственное целое, и как результат согласования архитектурного замысла с параметрами аддитивного изготовления.

Различия в месте изготовления и способе образования архитектурного целого связаны с тем, что одинаковая технология печати может использоваться в объектах с различной организацией производства, т.е. *подход по способу изготовления архитектурного объекта* предполагает сопоставление работ на строительной площадке, рядом с местом возведения или в заводских условиях – чем сильнее изготовление отделено от места размещения сооружения, тем большее значение относится к дальнейшему образованию архитектурного целого из подготовленных частей [11].

Архитектурный характер данного различия определяется *подходом по способу формирования архитектурного объекта*, когда выбор цельноформатного изготовления, сегментации или модульного принципа изменяет способ образования целого, что связывает организацию изготовления с типологическими характеристиками объекта.

Качество классификации архитектурных объектов также зависит от точности выбранного основания, поскольку оценка типологических различий основана на сведениях о назначении объекта и характере его формирования. Недостаток архитектурных признаков связан с усилением расхождения между инженерно-технологическим описанием процесса и характеристикой самого объекта, вследствие чего в одной группе могут оказаться сооружения с различной формой и пространственной организацией [9].

В связи с этим методологическая функция систематизации существующих подходов заключается в разграничении признаков технологии и признаков архитектурного объекта, что позволяет точнее определить основание дальнейшей типологизации (табл. 1). Значение проведённой систематизации для формирования типологии связано с тем, что совместное рассмотрение выделенных подходов обеспечивает последовательное различение архитектурных объектов по характеристикам, относящимся непосредственно к их форме, масштабу и способу формирования.

На основе сопоставления выделенных подходов основания классификации сведены к совокупности признаков, непосредственно характеризующих архитектурный объект и особенности его формирования (табл. 1).

В свою очередь, на основе проведённой систематизации дальнейший анализ целесообразно сосредоточить на формообразовании как архитектурном признаке, по которому различаются объекты, создаваемые средствами аддитивного производства.

Итак, что касается формирования архитектурной формы в аддитивном строительстве, то, в соответствии с характером послойного изготовления, геометрия объекта соотносится с возможностями печатного оборудования и свойствами материала уже на стадии цифрового описания [12].

Однако из данного положения напрямую следует вывод прежде всего об архитектурном характере различий между объектами, поскольку одинаковая технология допускает разные способы пространственного образования формы. Иными словами, в пределах одного технологического способа могут существовать объекты различной морфологии – с ортогональной, криволинейной или пространственно развитой геометрией [15].

Они характеризуются различным соотношением геометрии и структуры, вследствие чего основание типологизации должно относиться к архитектурной форме самого объекта.

Таблица 1

Подходы к классификации архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий

Подход	Основание	Характеристика	Значение
Функционально-типологический подход	Функциональное назначение	Тип здания по характеру использования	Различение по функциональной организации
Подход по масштабу архитектурного объекта	Размер здания, пространственная развитость	Малая архитектурная единица, отдельное здание, крупный объект	Соотношение масштаба с архитектурным целым и способом изготовления
Морфологический подход	Геометрия архитектурной формы	Конфигурация плана, кривизна, характер оболочки	Различение объектов по образованию
Структурно-компонентный подход	Состав аддитивно изготовленных частей	Стены, колонны, перекрытия, балки	Характеристика объекта по составу и роли компонентов
Подход по способу изготовления архитектурного объекта	Место и организация производства	Изготовление на месте возведения, рядом с площадкой или на заводе	Связь с масштабом и членением объекта
Подход по способу формирования архитектурного объекта	Характер образования архитектурного целого	Цельноформатный объект, сегментированный объект, модульная структура	Различение объектов по способу образования формы

Источник: авторская разработка

С этой точки зрения ключевая особенность типологии архитектурных объектов заключается в том, что основанием различения служит способ образования архитектурной формы, связанный с геометрией, структурой и композиционным устройством объекта. В этой связи стоит отметить одно важное обстоятельство. По данным экспериментальных работ, изменение геометрии плана влияет на печатаемость и материалоёмкость объекта, в то время как пространственное развитие оболочки изменяет соотношение массы и конструктивной эффективности [12]. Очевидным следствием этого является необходимость рассматривать форму как самостоятельный типологический признак архитектурного объекта. Аналогичное значение относится к внутренней организации печатных элементов, поскольку изменение их структуры отражается на характере целого [13].

Следует отметить, что архитектурное различение объектов по характеру формообразования целесообразно проводить посредством сопоставления цифрово заданной геометрии с особенностями пространственной структуры, которые определяют способ образования поверхности и характер членения формы, и, с учётом конструктивной роли печатных элементов, композиционную целостность объекта.

В процессе переноса технологических классификаций на архитектурный уровень их производственная направленность образует методическую проблему, обусловленную тем, что параметры оборудования описывают способ изготовления, вследствие чего свойства самой архитектурной формы могут оставаться вне классификационного основания [9]. На уровне архитектурного объекта предмет типологизации характеризуется иначе и связан со свойствами формы, определяющими её пространственное построение. Геометрический характер объекта отражает способ образования внешнего очертания, в связи с чем структурная организация также определяется отношением печатных элементов к целому. Отдельные геометрические решения могут существенно различаться по поведению в ходе печати, в то же время близкое функциональное назначение сохраняется у объектов с разной пространственной организацией [12].

Архитектурная типология возникает в той точке, в которой предметом анализа является способ формирования формы с позиции геометрического и структурного устройства объекта.

В современной научной литературе формообразование архитектурных объектов аддитивного строительства связывается с геометрией цифровой модели и организацией печатной структуры, что позволяет различать объекты с близким назначением по характеру их пространственного образования [10]. Совокупность выявленных различий складывается из характеристик

формы, различающихся по архитектурному содержанию, поэтому геометрия, структура и композиция рассматриваются как взаимосвязанные характеристики архитектурной формы (табл. 2).

Материал аддитивного формирования занимает значимое место в типологии архитектурных объектов. Здесь, в зависимости от состава печатной смеси, в связи с особенностями нанесения материала, различается характер материального воплощения архитектурной формы [16]. В ходе развития аддитивного строительства цементные, полимерные и грунтовые материалы использовались в разных архитектурных объектах и определяли неодинаковые возможности пространственного формирования [17].

И эти различия материальной основы оказали непосредственное влияние на допустимую геометрию, фактуру и способ формирования архитектурного объекта.

Основным признаком, отличающим одну группу архитектурных объектов от другой, является материал, используемый в процессе аддитивного формирования. В аддитивном строительстве материал, применяемый для создания объекта, представлен цементными составами наряду с полимерными и природными композициями [18].

Материальный тип архитектурного объекта отличается рядом особенностей. Важнейшей из них является зависимость формы от физических и технологических свойств печатного состава.

Таблица 2
Группы архитектурных объектов по типу формообразования

Группа архитектурных объектов	Основание формообразования	Характер архитектурной формы	Архитектурное выражение
Объекты регулярной геометрии	Геометрия плана и объёма	Прямолинейные очертания, ортогональные или многоугольные формы	Простая пространственная организация с ясно читаемой геометрией
Объекты криволинейной геометрии	Непрерывность контура	Круглые, эллиптические и свободно изогнутые очертания	Пластичность объёма и непрерывность поверхности
Объекты со структурированной оболочкой	Пространственное развитие поверхности	Рельеф, переменная толщина, геометрически организованная оболочка	Совмещение выразительности формы с конструктивной работой поверхности
Объекты модульной композиции	Повторяемая пространственная единица	Целое из геометрически согласованных модулей	Вариативность композиции и изменение масштаба посредством сочетания модулей

Источник: авторская разработка

В данной зависимости раскрывается соотношение между свойствами материала и возможностью реализации определённой геометрии объекта. В архитектурной форме соответствующие различия отражаются посредством характера поверхности и пространственного устройства объекта.

Материальные различия раскрывают условия формирования отдельных частей объекта, вследствие чего ещё одним основанием типологии выступает степень охвата архитектурного целого аддитивным изготовлением.

В научных исследованиях аддитивного строительства степень охвата архитектурного целого аддитивным изготовлением характеризуется принципиальным значением, поскольку участие аддитивно изготовленных частей рассматривается как составляющая формирования объекта, тогда как характер их включения в здание определяет различия между уровнями аддитивного формирования [18]. Иными словами, в основу типологизации закладывается степень аддитивного формирования архитектурного объекта – на частичном уровне речь идёт об отдельных компонентах, на преобладающем уровне охватываются основные части здания, тогда как комплексный уровень соответствует формированию архитектурного целого средствами аддитивного производства.

В архитектурном измерении выделенное основание типологии характеризуется существенным значением, поскольку технические классификации описывают способы аддитивного производства, тогда как доля сформированных средствами аддитивного производства частей характеризует уже сам архитектурный объект [19].

Иными словами, основание для анализа взаимной зависимости степени аддитивного формирования и целостности объекта определяется характером охвата его частей – отдельные печатные компоненты соответствуют частичному уровню, формирование основных частей здания относится к преобладающему уровню, тогда как комплексный уровень характеризуется охватом архитектурного целого.

В целом можно выделить ключевые тенденции формирования архитектурных объектов с применением аддитивных технологий (табл. 3).

И, основываясь на вышеизложенном, можно сформировать общее авторское концептуальное видение типологии архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий (рис. 1).

Таблица 3
Современные тенденции формирования архитектурных объектов с применением аддитивных технологий

Тенденция	Изменение характера архитектурных объектов	Направление развития типологии
Снижение материалоёмкости	Облегчение архитектурной формы	Различение по ресурсоёмкости формирования
Расширение материальной базы	Новые варианты материального воплощения	Различение по типу материала
Увеличение масштаба	Переход к более крупным объектам	Различение по масштабу
Усложнение пространственной формы	Рост геометрической вариативности	Развитие морфологической типологии
Гибридное формирование	Сочетание аддитивно сформированных и традиционных частей	Различение по степени аддитивного формирования
Расширение функционального применения	Разнообразие назначения объектов	Функционально-типологическая группа
Увеличение степени аддитивного формирования	Большая доля аддитивно сформированных частей	Уровень аддитивного формирования

Источник: авторская разработка

Не в последнюю очередь толчком в этом направлении стала потребность в снижении материалоёмкости архитектурных объектов, сокращении строительных отходов и расширении использования материалов с меньшей экологической нагрузкой [20].

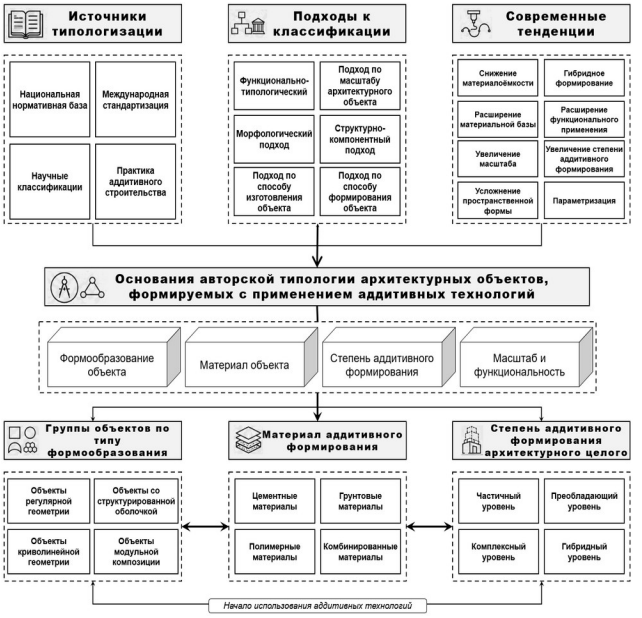


Рисунок 1 – Авторская схема типологии архитектурных объектов, формируемых с применением аддитивных технологий
Источник: авторская разработка

Так, по мнению авторов систематического обзора, современное развитие строительной 3D-печати связано с более экономным расходованием материала и распространением составов на основе геополимерного сырья [16]. В то же время увеличение масштаба реализуемых объектов сочетается с развитием гибридных способов изготовления, посредством которых аддитивное производство включается в создание всё более сложных сооружений [18]. И наконец, тенденция расширения архитектурного применения аддитивных технологий связана с распространением объектов различного назначения и последовательным увеличением пространственной сложности реализуемых решений [17]. Данные тенденции взаимозависимы друг от друга, и ослабление одной из них сокращает возможности дальнейшего развития архитектурных объектов. Оценка каждой из тенденций на основе современной практики позволяет определить изменение характера архитектурных объектов и обозначить направления дальнейшего развития их типологии. В современном аддитивном строительстве расширяется применение цифровых методов формообразования, в рамках которых параметры геометрии задаются алгоритмически и соотносятся с условиями изготовления архитектурного объекта [18]. Параметризация в данном контексте выступает средством вариативного формирования архитектурной формы, поскольку изменение исходных параметров позволяет изменять геометрию цифровой модели с сохранением её взаимосвязи с производственным процессом [16]. В архитектурной практике цифровая модель является основой согласования проектного решения с возможностями использования аддитивных технологий,

т.е. параметрический принцип относится к ключевым направлениям развития объектов, формируемых с применением аддитивных технологий.

Заключение

В проведённом исследовании выявлена связь между характером формирования архитектурного объекта и основаниями его типологического различения, притом что существующая нормативная и научная систематизация в большей мере ориентирована на технологические характеристики производства, чем на архитектурное содержание объекта. В рамках систематизации архитектурных признаков выделены различия по формообразованию, материалу и степени аддитивного формирования, благодаря чему в предложенной типологии охвачены свойства архитектурного целого в связи с особенностями его изготовления. Объединение рассмотренных аспектов вокруг архитектурного содержания объекта выполнено с учётом современных изменений аддитивного строительства, поскольку дальнейшее развитие архитектурных решений связано с усложнением пространственной формы и расширением цифровых методов проектирования, среди которых параметризация приобретает существенное значение.

Литература

1. Коротеев, Д.Д. Аддитивные технологии в строительстве: учебно-методическое пособие / Д.Д. Коротеев, А.Н. Макаров, А. С. Болотова. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2023. – 67 с.
2. Об утверждении классификатора объектов капитального строительства по их назначению и функционально-технологическим особенностям (для целей архитектурно-строительного проектирования и ведения единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства): приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации N 928/пр от 2 ноября 2022 года // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: docs.cntd.ru/document/1300034161 (дата обращения: 02.09.2026).
3. ГОСТ Р 59095–2020. Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения // Росстандарт. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/cd4f8c47-455e-4a36-92c7-7ec0f2e6a5b6 (дата обращения: 02.09.2026).
4. ГОСТ Р 59096–2020. Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний // Росстандарт. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/030763e8-fc01-4639-a26c-05fd96210164 (дата обращения: 02.09.2026).
5. ГОСТ Р 59097–2020. Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования // Росстандарт. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/4fd85df8-25f8-4b7d-8abb-e25b68335b83 (дата обращения: 02.09.2026).
6. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary // ISO. – URL: https://www.iso.org/standard/74514.html (дата обращения: 02.09.2026).
7. ISO/ASTM 52910:2018. Additive manufacturing – Design – Requirements, guidelines and recommendations // ISO. – URL: https://www.iso.org/ru/standard/67289.html (дата обращения: 02.09.2026).
8. ISO/ASTM 52939:2023. Additive manufacturing for construction — Qualification principles — Structural and infrastructure elements // ISO. – URL: https://www.iso.org/standard/81177.html (дата обращения: 02.09.2026).
9. Duballet R., Baverel O., Dirrenberger J. Classification of building systems for concrete 3D printing // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 83. – P. 247-258.
10. Cabibihan J.-J., Gaballa A., Fadli F. et al. A guided approach for utilizing concrete robotic 3D printing for the architecture, engineering, and construction industry // Construction Robotics. – 2023. – Vol. 7. – P. 265-278.
11. Placzek G., Schwerdtner P. A Global Snapshot of 3D-Printed Buildings: Uncovering Robotic-Oriented Fabrication Strategies // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – No. 11. – P. 1-48. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3410 (дата обращения: 02.09.2026).
12. Takva Ç. et al. Applicability of 3D concrete printing technology in building construction with different architectural design decisions in housing // Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 98. – P. 1-17. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224028250 (дата обращения: 02.09.2026).
13. Placzek G., Schwerdtner P. Concrete Additive Manufacturing in Construction: Integration Based on Component-Related Fabrication Strategies // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – No. 7. – P. 1-30. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/7/1769 (дата обращения: 02.09.2026).
14. Bello N.D., Memari A.M. Comparative Review of the Technology and Case Studies of 3D Concrete Printing of Buildings by Several Companies // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – No. 1. – P. 1-30.
15. Sadakorn W., Prasertsuk S., Prasittisopin L. Improving the structural efficiency of textured three-dimensional concrete printing wall by architectural design // Frontiers of Structural and Civil Engineering. – 2024. – Vol. 18. – No. 5. – P. 699-715.
16. Banihashemi S., Akbarnezhad A., Sheikhkhoshkar M. et al. 3D printing in construction: sustainable technology for building industry // Progress in Additive Manufacturing. – 2025. – Vol. 10. – P. 11729-11762.
17. Амирханян Т.А., Иевлева О.Т. Аддитивные технологии в архитектуре: новые горизонты // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 9 (117). – С. 5-21.
18. Gardan J., Hedjazi L., Attajer A. Additive manufacturing in construction: state of the art and emerging trends in civil engineering // Journal of Information Technology in Construction. – 2025. – Vol. 30. – P. 92-112.
19. Дресвянников В.А., Страхов Е.П. Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2 (26). – С. 16-28.
20. Habibi A., Buswell R., Osmani M., Aziminezhad M. Sustainability principles in 3D concrete printing: Analysing trends, classifying strategies, and future directions // Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 98. – P. 1-19.

The typology of architectural objects created using additive technologies and current trends in their application

Kim Ya.A.
TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia

JEL classification: L61, L74, R53

The expanding application of additive technologies is accompanied by increasingly complex architectural solutions and the emergence of new criteria for the typological differentiation of architectural objects. The present study examines existing approaches to the classification of architectural objects, investigates the characteristics of their form generation, and systematizes current trends in the application of additive technologies in architecture. Research methods include generalization, formalization, analysis, synthesis, systematization, and conceptual modeling. Result: a typological framework for architectural objects created using additive technologies has been developed. Conclusions: a) the typology of architectural objects created using additive technologies should be based on criteria characterizing their form and the extent of additive manufacturing involved in their creation; b) typological differentiation is associated with geometry, material, and the degree of additive formation of the architectural whole; c) the contemporary development of such objects is associated with increasing complexity of architectural form under the influence of digital design methods and advances in additive manufacturing.

Keywords: additive technologies, architectural objects, typology, form generation, parametrization, digital design.

References

1. Koroteev, D.D. Additive Technologies in Construction: a teaching aid / D.D. Koroteev, A.N. Makarov, A.S. Bolotova. – Moscow: MISI – MGSU, 2023. – 67.
2. On the approval of the classifier of capital construction facilities based on their purpose and functional and technological features (for the purposes of architectural and construction design and maintaining the unified state register of expert opinions on the design documentation of capital construction facilities): Order No. 928/pr of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated November 2, 2022 // Electronic fund of legal and regulatory-technical documents. – URL: docs.cntd.ru/document/1300034161 (accessed date: 02.09.2026).
3. GOST R 59095–2020. Materials for additive construction production. Terms and definitions // Rosstandart. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/cd4f8c47-455e-4a36-92c7-7ec0f2e6a5b6 (accessed date: 02.09.2026).
4. GOST R 59096–2020. Materials for additive construction production. Test methods // Rosstandart. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/030763e8-fc01-4639-a26c-05fd96210164 (accessed date: 02.09.2026).
5. GOST R 59097–2020. Materials for additive construction production. Technical requirements // Rosstandart. – URL: https://protect.gost.ru/gost/details/4fd85df8-25f8-4b7d-8abb-e25b68335b83 (accessed date: 02.09.2026).
6. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary // ISO. – URL: https://www.iso.org/standard/74514.html (accessed date: 02.09.2026).
7. ISO/ASTM 52910:2018. Additive manufacturing – Design – Requirements, guidelines and recommendations // ISO. – URL: https://www.iso.org/ru/standard/67289.html (accessed date: 02.09.2026).
8. ISO/ASTM 52939:2023. Additive manufacturing for construction — Qualification principles — Structural and infrastructure elements // ISO. – URL: https://www.iso.org/standard/81177.html (accessed date: 02.09.2026).
9. Duballet R., Baverel O., Dirrenberger J. Classification of building systems for concrete 3D printing // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 83. – P. 247-258.
10. Cabibihan J.-J., Gaballa A., Fadli F. et al. A guided approach for utilizing concrete robotic 3D printing for the architecture, engineering, and construction industry // Construction Robotics. – 2023. – Vol. 7. – P. 265-278.
11. Placzek G., Schwerdtner P. A Global Snapshot of 3D-Printed Buildings: Uncovering Robotic-Oriented Fabrication Strategies // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – No. 11. – P. 1-48. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3410 (accessed date: 02.09.2026).
12. Takva Ç. et al. Applicability of 3D concrete printing technology in building construction with different architectural design decisions in housing // Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 98. – P. 1-17. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224028250 (accessed date: 02.09.2026).
13. Placzek G., Schwerdtner P. Concrete Additive Manufacturing in Construction: Integration Based on Component-Related Fabrication Strategies // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – No. 7. – P. 1-30. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/7/1769 (accessed date: 02.09.2026).