



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
**СМ<sub>и</sub>Т**  
СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ  
И ТЕХНОЛОГИЙ

---

# АДДИТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 2030-2036: ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РОССИИ

---

форсайт-исследование

*А. Адамцевич, А. Пустовгар*

**2025**

---

Москва

Авторы:

**Адамцевич Алексей Олегович**

канд. техн. наук, директор НИИ СМиТ НИУ МГСУ

**Пустовгар Андрей Петрович**

канд. техн. наук, доцент, научный руководитель НИИ СМиТ НИУ МГСУ

Для цитирований: *Адамцевич А.О., Пустовгар А.П. Аддитивное строительное производство 2030-2036: глобальные тренды и стратегические возможности для России. Форсайт-исследование – М.: НИУ МГСУ, 2025 – 47 с. doi: 10.22227/mgsu.nii-smit.2025.1*

Дата публикации: **26 декабря 2025 г.**

Данная работа реализована в рамках программы развития НИУ МГСУ на 2025-2036 годы в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Анализ экономической эффективности строительства объектов с применением аддитивных технологий относительно существующих (традиционных) строительных технологий выполнен в 2025 году по заказу Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве (ФАО «ФЦС») в рамках государственного задания, утвержденного Минстроем России от 09.06.2025 № 069-00005-25-00 на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов.

Анализ рынка материалов для аддитивного строительного производства основан на результатах опросов отечественных производителей сухих строительных смесей, проводимых в 2024 и 2025 гг.

Концепция государственной программы развития аддитивного строительного производства в Российской Федерации разработана при участии компании ООО «Смартбилдсервис», Ассоциации производителей строительных принтеров (АПСП) и Российского технологического фонда (АО РТФ).

Авторы выражают признательность организациям, предоставившим данные и принявшим участие в обсуждении результатов анализа экономической эффективности строительных объектов с применением аддитивных технологий: АМТ, 3Д Арт, RVS-3D, Smart Build Service, WonderDom, Кантридом, Основание, Дом-из-принтера, Рокет Трейд, 3Д СДС, Aurora Lab, Arkon Construction, Новые технологии (г. Выкса), Три Оси, Ассоциации производителей строительных 3Д-принтеров (АПСП), Ассоциации профессионалов аддитивного строительства (АПАС), а также комитету по науке и инновационному развитию строительной отрасли Российского союза строителей (РСС).

Благодарность выражается также производителям сухих строительных смесей, принявшим участие в опросе и предоставившим данные об объемах выпуска продукции в целях анализа тенденций развития отечественного рынка материалов для аддитивного строительного производства.

### **Научно-исследовательский институт строительных материалов и технологий**

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Телефон: +7 (495) 656-14-66

e-mail: [info@nii-smit.ru](mailto:info@nii-smit.ru) | web: [www.nii-smit.ru](http://www.nii-smit.ru), [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2025  
При перепечатке ссылка обязательна

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Объект, субъект и горизонт исследования.....	4
2. Анализ глобального технологического ландшафта .....	5
3. Позиционирование России в глобальной системе АСП: технологический задел и оценка текущего состояния развития.....	8
3.1 Технологический бэкграунд .....	8
3.2 Рыночная экосистема.....	10
3.3 Целевые ниши, потребители и конкурентоспособность .....	11
3.4 Рынок материалов для АСП .....	15
4. SWOT-анализ для России .....	17
4.1 Сильные стороны (Strengths).....	17
4.2 Слабые стороны (Weaknesses) .....	17
4.3 Возможности (Opportunities) .....	17
4.4 Угрозы (Threats).....	18
5. Форсайт-сценарии развития аддитивного строительного производства в России до 2036 года.....	19
Сценарий 1: «Экосистемный прорыв» (оптимистичный).....	19
Сценарий 2: «Нишевая оптимизация» (инерционный) .....	20
Сценарий 3: «Стагнация под давлением» (пессимистичный).....	21
Сценарий 4: «Растворение в гибридах» (адаптивный).....	22
6. Определение наиболее вероятного сценария.....	23
7. Выявление «окон возможностей» и критических точек развития.....	24
8. Рекомендации в отношении формирования государственной политики .....	24
Список использованных источников.....	28
Приложение А. Концепция государственной программы развития аддитивного строительного производства в Российской Федерации.....	35

## 1. Объект, субъект и горизонт исследования

Объектом изучения в рамках настоящего форсайт-исследования выступает формирующаяся глобальная технологическая и экономическая система аддитивного строительного производства (АСП), рассматриваемая как комплекс взаимосвязанных элементов: аппаратные (оборудование) и материальные (строительные смеси) технологии, цифровые платформы (BIM, слайсинг, управление), нормативно-правовая база, производственно-логистическая и рыночная инфраструктура, а также экосистема вовлеченных участников (от стартапов до государственных институтов). В центре внимания находится доминирующий на рынке технологический подход – послойная экструзия бетонной смеси (технология 3D Concrete Printing, 3DCP) в двух ее основных формах организации: печать конструкций непосредственно на строительной площадке («полевая» печать) и производство элементов в заводских (цеховых) условиях для последующего монтажа (цеховая печать и префабрикация).

Географически исследование фокусируется на специфике Российской Федерации в ее глобальном контексте, учитывая уникальные климатическое и территориальное разнообразие страны, курс на технологический суверенитет и технологическое лидерство, а также стратегический потенциал применения аддитивных технологий в государственных программах освоения труднодоступных территорий, включая Арктику и Дальний Восток. При этом анализируется также опыт и стратегические модели стимулирования развития технологии на зарубежных рынках Северной Америки (США), Европы (ЕС), Азии (Китай) и Ближнего Востока (ОАЭ, Саудовская Аравия).

Временной горизонт исследования структурирован в соответствии с этапами технологического развития и стратегического планирования в России и мире. Отправной точкой служит состояние отрасли в 2025 году, учитывающее, в том числе, ретроспективный анализ развития технологии с 2014-2017 гг. Среднесрочная перспектива до 2030 года соответствует периоду формирования полноценной национальной отрасли, предполагающему активное развитие технологии, преодоление нормативных барьеров и создание инфраструктурной базы. Долгосрочный горизонт до 2036 года ориентирован на этап коммерческого масштабирования технологии, достижение значимой доли рынка и потенциальное технологическое лидерство на ключевых направлениях, что согласуется со стратегическими национальными целями Российской Федерации до 2030 и 2036 годов.

Исследование направлено на комплексный анализ перспектив и разработку сценариев развития сложной многоуровневой системы АСП, учитывающей взаимодействие технологий, институтов и рыночных участников в рамках заданных пространственных и временных координат, а также на формирование практических рекомендаций для российской экономики.

## 2. Анализ глобального технологического ландшафта

Мировой технологический ландшафт аддитивного строительного производства характеризуется стремительной динамикой [1-3], переходом от экспериментальной стадии к фазе ранней коммерциализации [4-5] и формированием конкурирующих технологических платформ [6-7]. Несмотря на относительную молодость отрасли, уже сложились отчетливые тренды, определяющие ее развитие [8-9]. Ключевым технологическим подходом, фактически ставшим отраслевым стандартом, является метод послойной экструзии бетонной смеси [3,10-11]. В современном аддитивном строительстве сосуществуют и дополняют друг друга несколько технологических платформ, определяемых архитектурой оборудования [12]. Ключевыми из них являются стационарные порталные (декартовы) системы [13-14], обеспечивающие стабильную точность при создании крупногабаритных объектов, и решения на основе роботизированных манипуляторов, открывающие возможности для реализации сложных пространственных форм [15]. Отдельное и динамично развивающееся направление формируют мобильные принтеры на самоходном шасси, основное преимущество которых заключается в возможности быстрого развертывания и работы на масштабных или труднодоступных площадках [16]. При этом растущим трендом становится также гибридизация разных подходов, позволяющая создавать комплексные системы для специфических задач [17-18].

Центральным элементом технологической цепочки выступают специализированные строительные смеси (материалы для аддитивного строительного производства [19]), чья разработка перешла от кустарных экспериментов к индустриальному производству. Мировые и отечественные производители ведут активные исследования в области реологии, управляемого структурообразования и многофункциональности материалов [20-21] в целях разработки специализированных составов смесей, оптимизированных под параметры экструзии, с заданными свойствами прокачиваемости, экструдирруемости, способности к наращиванию и высокой межслоевой адгезии [22-27]. Для многих стран важным трендом становится также снижение углеродного следа строительной отрасли за счет применения геополлимерных вяжущих [28], использования промышленных отходов [29] и местных сырьевых компонентов [30] в аддитивном строительном производстве. Потенциал демонстрируют и композитные материалы на основе полимерных матриц [31], хотя их распространение пока сдерживается высокой себестоимостью [32].

Технологическое развитие не ограничивается аппаратным и материаловедческим уровнем. Оно неразрывно связано с идеей цифровой трансформации всего жизненного цикла строительных объектов. Технология АСП выступает материальным исполнителем цифровых моделей, что делает ее естественным элементом системы информационного моделирования. Глубокая интеграция с BIM-средой в аддитивном строительном производстве становится обязательным условием эффективности [33-34]. В проектировании объектов, предназначенных для строительства с применением технологии АСП, на первый план выходят методы генеративного дизайна и топологической оптимизации, которые позволяют создавать конструкции сложных бионических форм, обладающие высокой несущей способностью при минимальной материалоемкости [35-36]. Слайсинг архитектурных

моделей и генерация управляющих траекторий для строительного 3D-принтера также становится областью глубокой автоматизации [37], благодаря чему развивается концепция сквозного цифрового двойника стройки, где виртуальная модель всего производственного процесса используется для симуляции, проверки логистики, выявления пространственных и технологических коллизий и оптимизации графика работ до начала реального строительства.

Анализ мирового рынка показывает, что он фрагментирован, но при этом демонстрирует быстрый рост [38]. Согласно ряду прогнозов международных аналитических агентств, в ближайшее десятилетие ожидается увеличение объемов рынка на порядки: от умеренно-высокого 10-кратного роста к 2030 году по консервативным оценкам [39] до взрывного роста от 300 раз к 2035 году согласно агрессивным сценариям [40], при среднегодовых темпах роста свыше 80% и вплоть до 166,7% [41-43].

Глобальный рынок аддитивного строительства находится в состоянии перехода от фазы пилотных демонстраций к этапу формирования устойчивых рыночных ниш и первых коммерческих экосистем [44]. Его количественные оценки, несмотря на расхождения в различных источниках, едины в констатации высоких темпов роста, прогнозируемых на ближайшее десятилетие. Качественная картина рынка характеризуется появлением специализированных игроков, охватывающих всю цепочку создания стоимости – от разработки программного обеспечения и производства оборудования до строительного подряда [45-47].

Географическое развитие аддитивного строительного производства (АСП) характеризуется формированием региональных лидеров, чей прогресс определяется не столько рыночной стихией, сколько целенаправленной государственной политикой, превращающей технологию в фактор геоэкономической конкуренции [42,48-51]. Ключевыми драйверами этого процесса выступают общие для глобальной мировой строительной отрасли вызовы: преодоление кадрового дефицита, сокращение сроков строительства и отходов, а также растущий спрос на уникальные архитектурные решения [43]. В результате сформировались различные модели развития: в Северной Америке (США) доминирует венчурно-инвестиционная модель, ориентированная на коммерциализацию стартапов; Китай реализует государственно-инвестиционную модель, делая ставку на масштабирование в рамках национальных инфраструктурных мегапроектов; страны Европы и Ближнего Востока (в первую очередь, ОАЭ и Саудовская Аравия) активно используют АСП как инструмент для создания архитектурных достопримечательностей и решения социальных задач, формируя собственные подходы. Более глубокий анализ глобального ландшафта позволяет разработать детализированную классификацию ключевых стратегических моделей стимулирования развития АСП (Таблица 1).

Таблица 1 – Классификация стратегических моделей стимулирования развития аддитивного строительного производства в разных странах

Модель	Государственно-инвестиционная (Китай)	Прагматично-инвестиционная с фокусом на безопасность и новые ниши (США)	Нормативно-административная, движимая амбициозными КРІ (Ближний Восток)	Рыночно-инновационная с акцентом на экологию (ЕС)
Логика	Интеграция АСП в систему достижения национальных целей (например, «Сделано в Китае 2025»). Технология рассматривается как инструмент для ускоренного развития инфраструктуры и обеспечения стратегического суверенитета	Связывание развития АСП с приоритетами национальной безопасности, устойчивости цепочек поставок и удержания лидерства в прорывных технологиях	Использование АСП как инструмента для диверсификации экономики (например, Vision 2030) [52] и укрепления имиджа глобального инновационного хаба. Развитие инициируется «сверху» через амбициозные публичные цели стран Персидского залива	Рассмотрение технологии прежде всего как средства достижения целей «зеленой» трансформации (European Green Deal, New European Bauhaus) [50] и циркулярной экономики
Инструменты	Прямое финансирование государственных НИИ и компаний; формирование гарантированного спроса через включение в планы строительства социальных объектов [53-54]; формирование замкнутых технологических цепочек в специальных индустриальных парках	Формирование спроса через стратегию Минобороны [51]; координация экосистемы через публично-частное партнерство (America Makes) [55], стимулирование малого бизнеса (инициатива AM Forward) [56]; финансирование перспективных ниш через технологические конкурсы государственных агентств (например, проекты NASA по созданию технологий 3D-печати на Луне и Марсе) [57-58]	Установление жестких количественных целей (например, возведение не менее 25% новых зданий в Дубае к 2030 году методом 3D-печати [59]) с последующей ускоренной адаптацией строительных норм и созданием «регуляторной песочницы» для привлечения международных игроков	Стимулирование НИОКР через рамочные конкурсные программы (Horizon Europe) [60] и гранты, нацеленные на разработку экологических материалов и решений [61]; опережающая разработка стандартов, фиксирующих требования по углеродному следу и рециклингу
Результат	Быстрые темпы масштабирования, резкое снижение удельной стоимости и достижение лидерства по количеству и объему реализованных построек в мире	Создание инновационного контура, где государственный заказ в оборонном и космическом секторах катализирует частные инвестиции и венчурную активность, обеспечивая лидерство в коммерциализации и разработке высокотехнологичного оборудования	Быстрое формирование регуляторного поля, создание гарантированного рынка сбыта и реализация знаковых демонстрационных проектов	Формирование инновационной экосистемы, лидерство в создании сложных архитектурных объектов и универсальных технологических платформ, где ключевой ценностью становится устойчивость и качество

Анализ глобальных моделей подтверждает, что технологический прорыв в АСП является результатом целенаправленной политики, а не рыночной стихии. Для России, стоящей перед вызовами освоения территорий и технологического суверенитета, прямое копирование какой-либо одной модели может быть неприменимо, однако мировой опыт предоставляет набор проверенных инструментов, которые могут быть синтезированы в уникальную гибридную стратегию, основой которой могут стать:

- гарантированный спрос через целевые программы освоения Арктики, Дальнего Востока и зон реновации (по аналогии с китайской логикой масштабных проектов);
- опережающее «гибкое» нормотворчество, создающее правовую песочницу для быстрого внедрения (принцип ОАЭ);
- целевое финансирование НИОКР по локализации критических компонентов и материалов в логике импортозамещения (европейский акцент на развитии компетенций);
- интеграция в стратегию технологического суверенитета с привлечением институтов развития по образцу американской прагматично-инвестиционной модели.

В условиях активной государственной поддержки АСП в странах-лидерах инерционное развитие и ставка исключительно на рыночные механизмы способно лишить Россию шансов на создание конкурентоспособной отрасли как на внутреннем, так и на глобальном рынке. Отказ от формирования скоординированной программы создает риск не только утраты возможностей для создания новой высокотехнологичной отрасли, но и окончательного закрепления технологической зависимости в данной сфере.

### **3. Позиционирование России в глобальной системе АСП: технологический задел и оценка текущего состояния развития**

#### **3.1 Технологический бэкграунд**

Несмотря на то, что внутренний рынок аддитивного строительного производства (АСП) в России находится в стадии пилотного развития [62-63], роль российских специалистов и выходцев из России в формировании глобальных технологических трендов оказалась неожиданно весомой. Это явление можно охарактеризовать как «экспорт мозгов» и технологических заделов, предшествовавший созданию полноценной отечественной отрасли. Исторически первым, кто привлек мировое внимание масс-медиа к потенциалу полноразмерной строительной печати, стал инженер Андрей Руденко, основавший в США компанию Total Kustom [64]. В 2014 году его проект по возведению бетонного замка в штате Миннесота [65-66] на собственном стационарном принтере наглядно доказал осуществимость данного подхода, задав тренд на строительную 3D-печать сложных архитектурных форм (Рисунок 1). Некоторое время спустя ярославская компания «Спецавиа» (ныне – АМТ) разработала одну из первых в мире промышленных порталных систем для аддитивного строительного производства [67]. Показательным в данном контексте является пример датской компании COBOD [68] – ныне одного из мировых лидеров в сегменте крупногабаритных строительных принтеров, которая начинала свою деятельность в роли дистрибьютора порталных систем «Спецавиа» в Европе и возводила первый объект The

VOD (Рисунок 2) с использованием оборудования российского производства [69], обеспечив фундамент для последующей разработки собственной технологической платформы BOD2.

Следующим важным событием, уже непосредственно на российской территории, стал проект компании Aris Cor, основанной Никитой Чен-Юн-Таем. В 2017 году в подмосковной Ступино компания впервые в мире продемонстрировала технологию мобильной строительной 3D-печати, возведя офисное здание непосредственно на строительной площадке (Рисунок 3) [48,70-71]. Этот успех утвердил новое глобальное направление, сделав мобильность и автономность важными конкурентными преимуществами технологии. Параллельно, влияние российской инженерной школы проявилось и в создании передовых бизнес-моделей: выходцы из России стояли у истоков калифорнийского стартапа Mighty Buildings [72], который, используя технологию 3D-печати фотополимерными композитами и робототехнику (Рисунок 4), сформировал новую парадигму автоматизированного заводского производства модульных домов с нулевым углеродным следом [73-75].



Рисунок 1 – Первый 3D-объект [65]



Рисунок 2 – Печать The BOD [69]



Рисунок 3 – Первый объект по технологии мобильной 3D-печати Aris Cor [70]

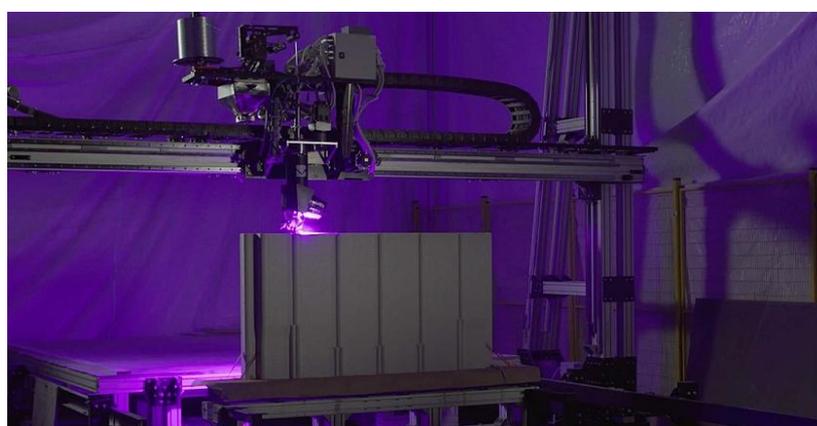


Рисунок 4 – Фотополимерная строительная 3D-печать Mighty Buildings [72]

### 3.2 Рыночная экосистема

Параллельно с присутствием российских специалистов в глобальных проектах внутри страны формируется собственная экосистема аддитивного строительного производства, представленная на сегодняшний день уже более чем двумя десятками активных компаний. Возраст присутствия многих участников рынка по состоянию на 2025 год превышает 5 лет, что свидетельствует о накопленной экспертизе.

Ядро экосистемы составляют производители оборудования, предлагающие разнообразные технологические решения. Лидером по длительности присутствия (с 2014 года) и широте линейки является компания «АМТ» (ранее «Спецавиа») [76]. Ее портфель охватывает как цеховые принтеры для изготовления префабов и малых архитектурных форм (МАФ) серий «S-100», «S-3030», «S-6044», «S-6045», так и большие полевые системы «S-300» [14] и «S-400», «S-500» для печати зданий разной высоты и габаритов непосредственно на фундаменте. В группу компаний АМТ также входят производители мобильных решений для строительной 3D-печати Rogue на колесном и гусеничном ходу [77]. Прочные позиции на рынке демонстрирует компания Smart Build (ООО «Смартбилдсервис»), выпускающая системы разного типа в рамках серий «СБ», «Ракурс» и «Ракурс G» [78]. Компания имеет собственный учебный центр аддитивных технологий в Московской области, также напечатанный при помощи строительного 3D-принтера собственного производства (Рисунок 5) [79]. Другими активными участниками рынка строительных 3D-принтеров являются компании ООО «РВС 3Д» [80] (принтеры с сухой подачей материала RVS 1.1 и 2.1), ООО «Аркон Констракшн» [81] (линейка от лабораторных моделей до промышленного принтера ARKON 2.0), ООО «Лерто» (компактные SCARA-принтеры для цеха). На горизонте 2025 года на рынке активно заявляют о себе и новые технологичные игроки, такие как ООО «3Д Арт Инжиниринг» с модульной системой 3D4Art-Robot на алюминиево-карбоновой раме, Auriga Lab с гусеничным роботизированным комплексом и другие. Уровень локализации оборудования у большинства производителей оценивается в 75-90%, что создает базу для технологического суверенитета. Многие компании предоставляют полный цикл услуг «под ключ», совмещая производство оборудования, строительство и/или разработку смесей.

Реализованные пилотные проекты демонстрируют разнообразие архитектурных и функциональных решений, хотя рынок еще далек от массовой стандартизации. Знаковым ранним объектом стал «Первый жилой дом в Европе» [82] (Рисунок 6) в Ярославской области (компания АМТ, проект завершен в 2017 г.), доказавший жизнеспособность технологии. Сегодня география расширилась: от типовых одно- и двухэтажных жилых домов в Ставропольском крае и Московской области (Смартбилдсервис, RVS-3D) до уникальных арт-объектов [83]. К последним относится масштабный Экопарк «ЯсноПоле» в Тульской области, где компания WonderDom [84-85] реализовала серию футуристических домов («Вандердом», «Дом-Луковица», «Дом Спираль» (Рисунок 7) и другие) по проектам известных архитекторов, что подчеркивает потенциал АСП для сложной архитектуры. Выделяются также нишевые проекты: купольные дома «Кантридом», печатаемые полярным принтером за один цикл вместе с крышей (Рисунок 8); модульные дома «Рокет Трейд» (г. Орел) для быстрого развертывания [86]; и включенный в Книгу рекордов России [87] общественно-культурный

центр «Мелля» в Татарстане (ООО «3Д Арт») площадью 1600 м<sup>2</sup> – первый объект такого масштаба и назначения, прошедший государственную экспертизу проектной документации.



Рисунок 5 – учебный центр аддитивных технологий компании Smart Build Service [72]



Рисунок 6 – Первый жилой дом в Европе от компании AMT



Рисунок 7 – Дом Спираль в экопарке ЯсноПоле



Рисунок 8 – Дом-купол от компании Кантридом



Рисунок 9 – Процесс печати общественно-культурного центра «Мелля» в Татарстане (фото 3D4Art)

### 3.3 Целевые ниши, потребители и конкурентоспособность

Современный рынок строительной 3D-печати можно условно разделить на два ключевых сегмента цеховой и полевой печати (Рисунок 10). В цеховых условиях печатают, как правило, малые архитектурные формы [88-89], префаб-элементы для сборки более сложных объектов [90], а также крупногабаритные модули различного функционального назначения [91-92]. В условиях строительной площадки обычно возводят малоэтажные здания и сооружения [93-95]. Хотя в перспективе высота и этажность зданий и сооружений, возводимых с помощью 3D-печати, потенциально не уступает традиционным методам строительства из бетона, таким как монолитное домостроение [96] или сборный железобетон

[97] – как показывает практика, наибольшая экономическая эффективность в случае применения новой технологии на текущем этапе ее развития достигается именно в сегменте индивидуального жилищного строительства (ИЖС) [48,98].

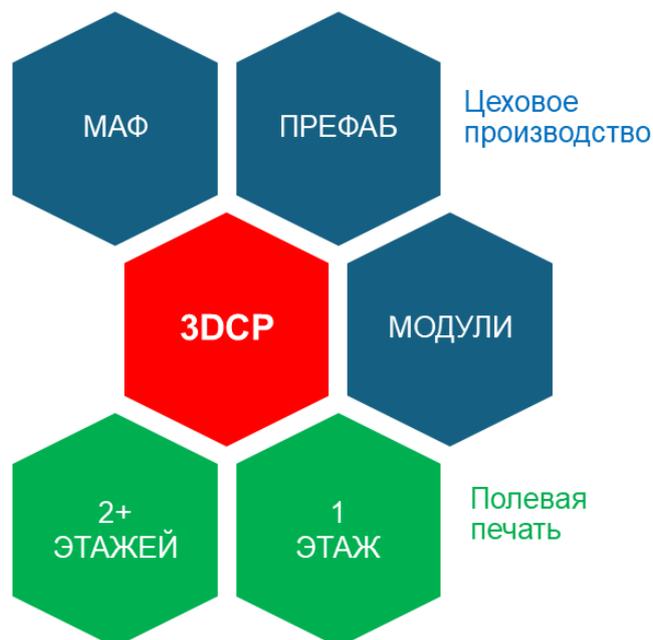


Рисунок 10 – Сферы применения технологии аддитивного строительного производства

Проведенный НИИ СМиТ НИУ МГСУ анализ сметной стоимости более двух десятков реализованных в России пилотных объектов выявил значительный разброс удельных затрат, который по данным, полученным непосредственно от застройщиков составляет, от 38 до 180 тыс. руб. за м<sup>2</sup> (Рисунок 11). Наименьшую стоимость демонстрируют функциональные объекты для собственных нужд компаний (цеха, учебные центры) и типовые дома в комплектации «теплый контур» от девелоперов на юге страны (заявляемая стоимость около 65 тыс. руб./м<sup>2</sup> [99]). Высокая стоимость характерна для уникальных архитектурных объектов с большой высотой стен и сложными фасадами. Этот разрыв указывает на ключевую текущую дилемму отрасли: выбор между экономически эффективной массовой типизацией и дорогостоящей, но имиджевой сложной архитектурой. С учетом выявленных статистических закономерностей и текущих рыночных тенденций, экспертной оценкой определен объективный ценовой диапазон возведения объектов массового спроса в коммерческом секторе с применением технологии аддитивного строительного производства в России в 2025 году в пределах 65 000 – 125 000 рублей за квадратный метр (для предчистовой отделки типа «White Box») со средневзвешенной стоимостью около 95 000 рублей.

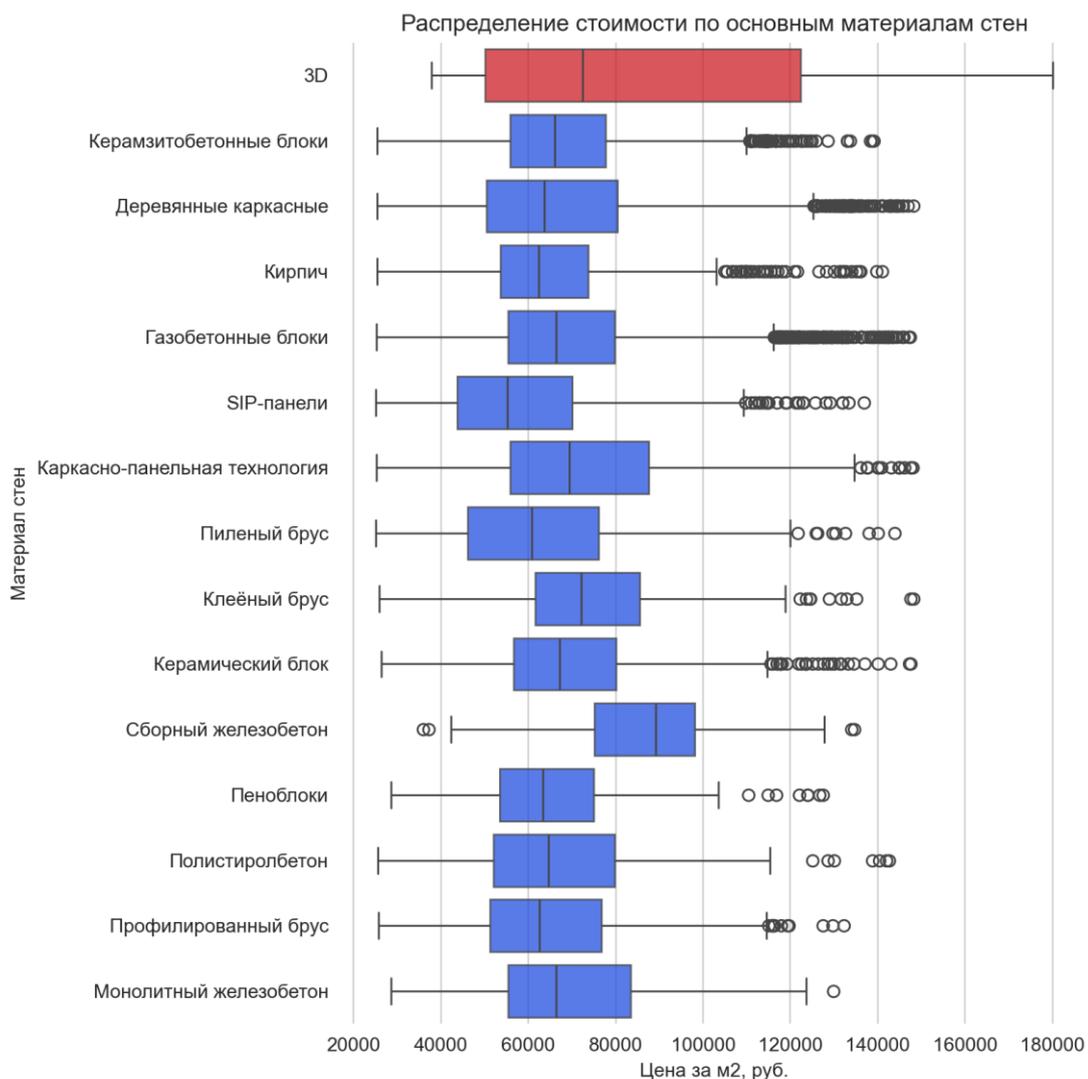


Рисунок 11 – Распределение стоимости квадратного метра pilotных напечатанных объектов в сравнении с объектами, возводимыми по традиционным технологиям в сегменте ИЖС<sup>1</sup>

Сформировавшаяся к 2025 году структура спроса на технологию аддитивного строительного производства в России носит фрагментированный нишевый характер, в рамках которого большинство реализованных или планируемых к реализации проектов можно отнести к одной из двух основных категорий, определяющих текущий рынок сбыта:

Первая категория – это объекты массового спроса в сегменте ИЖС, где технология применяется для возведения одно- и двухэтажных домов с относительно простой геометрией. Спрос в этой категории формируется небольшими частными застройщиками и технологическими компаниями, которые видят в АСП инструмент для ускорения строительства и снижения зависимости ручного труда в перспективной модели ведения строительного бизнеса. Однако, как показывает анализ стоимости, экономическая целесообразность здесь возможна лишь при масштабировании и на данном этапе в

<sup>1</sup> Стоимость квадратного метра объектов, возводимых с использованием традиционных технологий, рассчитана на основе анализа открытых данных портала строим.дом.рф

большинстве случаев не выдерживает прямой конкуренции с традиционными каркасными или блочными технологиями при строительстве единичных объектов.

Вторая категория формирует спрос на уникальные архитектурные и имиджевые решения. Здесь сосредоточена значительная доля наиболее широко освещаемых в медийном поле проектов: от футуристических домов в экопарке «ЯсноПоле» [85,100-101] до культурного центра «Мелля» [87,102-103]. Потребителями в этом сегменте могут выступать обеспеченные заказчики, ориентированные на высокотехнологичные и статусные решения, для которых стоимость не является определяющим фактором; коммерческие девелоперы, создающие арт-объекты для повышения привлекательности территорий, а также крупнейшие региональные игроки и корпорации, заинтересованные в создании знаковых достопримечательностей. Такой спрос, как правило, обусловлен не экономией, а потребностью в реализации уникальных и технологичных проектов, удовлетворяющих запрос на инновационность и эксклюзивность.

Отдельным, но пока единичным, вектором спроса является строительство утилитарных объектов для собственных нужд технологических компаний – шоу-румов, учебных центров [79], производственных цехов, напечатанных с целью демонстрации и отработки процессов. Государственный спрос, несмотря на декларируемый интерес пока не сформирован в виде системного заказа или включения в федеральные целевые программы.

Важно учитывать, что прямое стоимостное сравнение аддитивного строительного производства с традиционными, давно отработанными технологиями строительства на текущем этапе имеет ограниченную ценность. По методологии технологической готовности (Technology Readiness Level, TRL) отечественные решения в области АСП по состоянию на 2025 год находятся преимущественно на уровне TRL 6–7 [104-105], что соответствует стадии демонстрации технологии в реальных условиях и создания промышленных прототипов. Это означает, что основная часть реальных затрат приходится не только на материал и работу, но и на покрытие высоких удельных издержек разработчиков оборудования и материалов, отработку технологических регламентов и преодоление нормативных барьеров, что характерно для любой зарождающейся высокотехнологичной отрасли.

При этом исторический опыт развития прорывных технологий, от фотоэлектрических панелей до литий-ионных аккумуляторов, демонстрирует устойчивую обратную корреляцию между ростом TRL и удельной стоимостью конечного продукта [106-109] (Рисунок 12). Данная закономерность обусловлена эффектом масштаба, оптимизацией цепочек поставок, накоплением производственного опыта и совершенствованием самих технологий. Для аддитивного строительного производства в России достижение уровня TRL 9 станет ключевым фактором, запускающим механизм значительного снижения себестоимости. Прорыв в экономической эффективности станет возможен после прохождения «точки перелома», связанной с формированием гарантированного спроса, локализацией полного цикла и переходом к серийному производству оборудования и материалов.

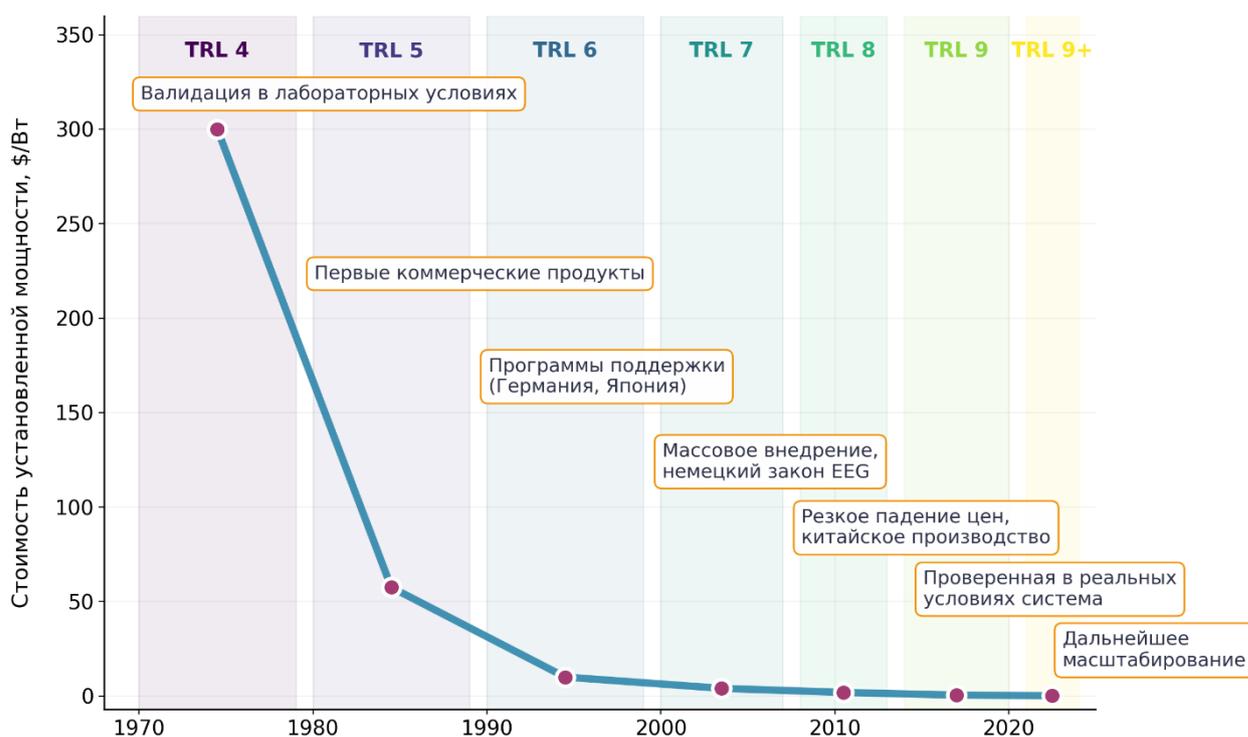


Рисунок 12 – Кривая зависимости удельной стоимости продукции от уровня технологической готовности (TRL) на примере развития мировой фотоэлектрической отрасли

### 3.4 Рынок материалов для АСП

Одним из стратегически важных элементов экосистемы аддитивного строительного производства является рынок специализированных строительных материалов для АСП, который в России начал формироваться в период с 2017–2018 годов, синхронно с появлением первых пилотных объектов, напечатанных при помощи строительных 3D-принтеров. Проводимый НИИ СМиТ НИУ МГСУ с 2024 года мониторинг [98] показывает, что из почти 300 производителей сухих строительных смесей в России лишь менее 4% имеют опыт производства составов, адаптированных под требования АСП, из которых всего 6 компаний наладили промышленный выпуск таких материалов. При этом до 10% от общего числа производителей выражают уверенную готовность выпускать соответствующие материалы по рецептуре заказчика при получении соответствующего запроса, что указывает на наличие потенциал расширения предложения в ближайшем будущем.

Более половины совокупного объема материалов для АСП, произведенных в России с 2020 по 2025 г., придется (Рисунок 13) на единственную компанию «Фирма ВЕФТ» (г. Королев), которая одной из первых вышла на рынок специализированных материалов для аддитивного строительного производства (в 2018 г.) и сегодня (Рисунок 14) выпускает промышленную смесь под брендом «Монолит». Общая динамика рынка демонстрирует резкий рост: за последние 5 лет совокупные объемы рынка материалов для аддитивного строительного производства в России увеличились на 744% (Рисунок 15), что свидетельствует о растущем спросе и активизации отрасли. При этом 2 последних года темпы роста замедлились, что может отражать как переход от пилотной к более планомерной стадии развития, так и влияние макроэкономических факторов.

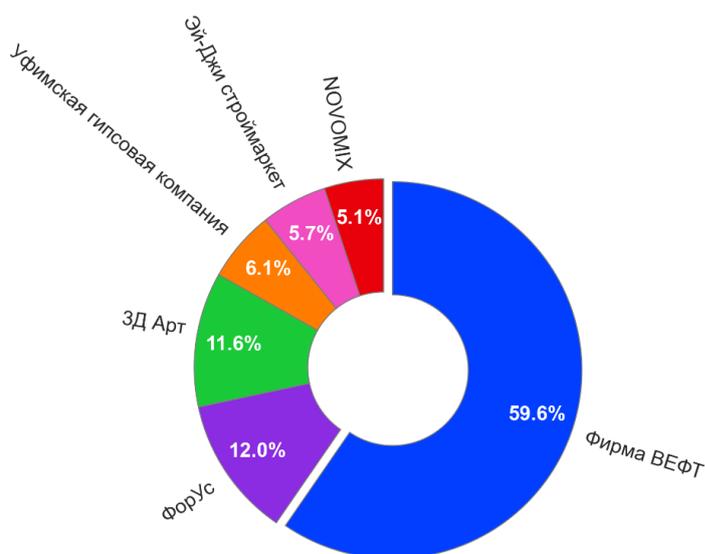


Рисунок 13 – Распределение суммарного объема производства за 2020-2025 гг.

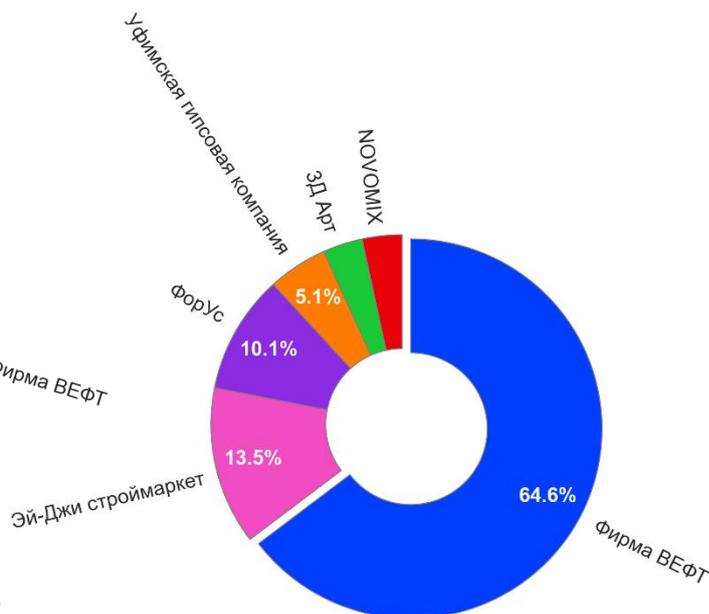


Рисунок 14 – Распределение объемов в 2025 г.

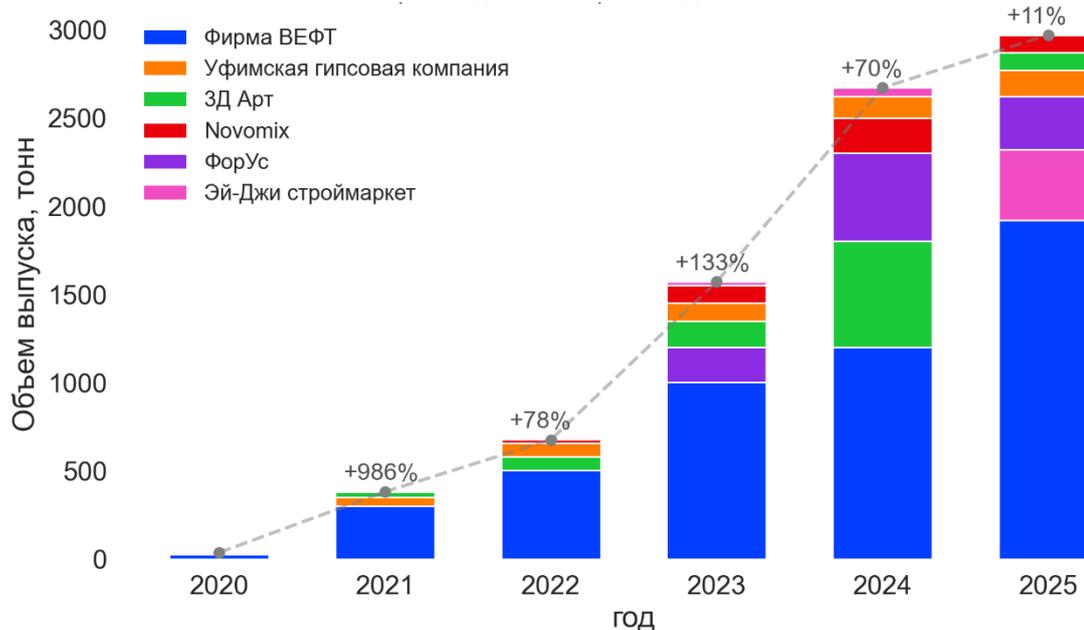


Рисунок 15 – Динамика изменения объемов выпуска материалов для АСП в России

Важным аспектом является высокая географическая диверсификация поставок. Основные производители осуществляют отгрузки не только в свои регионы, но и в удаленные субъекты РФ – от Краснодарского края и Крыма до Новосибирской области и Приморья, что формирует основу для развития региональных проектов АСП по всей стране.

Учитывая пока ограниченную емкость рынка, ключевым запросом со стороны строительных компаний остается возможность заказа малых и средних партий материалов по индивидуальным рецептам. Ряд производителей предлагают изготовление опытных партий с минимальным заказом от 0 до 10 тонн [98], что позволяет гибко тестировать составы под конкретные проекты и оборудование.

## **4. SWOT-анализ для России**

Проведенный анализ текущего состояния позволяет систематизировать внутренние и внешние факторы, определяющие стратегические перспективы развития аддитивного строительства в России в виде классического SWOT-анализа.

### **4.1 Сильные стороны (Strengths)**

Фундаментальной силой является наличие уникальной потребности, которую технология может закрыть наиболее эффективно. Объективная потребность России в быстром, дешевом и мало зависимом от логистики рабочей силы строительстве в удаленных и труднодоступных регионах (Арктика, Сибирь, Дальний Восток) создает для АСП естественный, стратегически важный рынок сбыта. Вторым ключевым преимуществом выступает глубокая научно-техническая база в смежных областях. Россия обладает значительными компетенциями в фундаментальном материаловедении, разработке специализированного программного обеспечения и робототехнических систем, что может стать основой для создания не просто принтеров, а интеллектуальных строительных комплексов. Третьей силой является доступность и разнообразие местного сырья для производства строительных смесей, включая возможность использования техногенных отходов, что снижает зависимость от импорта и позволяет создавать конкурентоспособные по стоимости материалы.

### **4.2 Слабые стороны (Weaknesses)**

Основной внутренней слабостью является критическая фрагментарность всей экосистемы. Усилия разрознены между отдельными стартапами, вузами и производителями материалов, отсутствуют устойчивые горизонтальные связи и эффективные механизмы кооперации науки и бизнеса. Этот разрыв усугубляется недостаточной развитостью нормативно-технической базы, что переводит каждый пилотный проект в плоскость высоких юридических и административных рисков. Незрелость рынка специализированных материалов, несмотря на наличие технологических возможностей, ведет к их высокой стоимости в малых партиях, а также к зависимости от единичных поставщиков. Наконец, сохраняется дефицит прикладных инженерных кадров, способных работать на стыке строительства, робототехники и цифрового проектирования.

### **4.3 Возможности (Opportunities)**

Наиболее значимой внешней возможностью является интеграция технологии в масштабные государственные программы комплексного освоения территорий. АСП может стать ключевым инструментом в стратегиях развития Арктической зоны, Дальнего Востока и новых субъектов РФ, обеспечив создание социальной и жилой инфраструктуры с недостижимой ранее скоростью и адаптивностью. Второй крупной возможностью выступает задача импортозамещения в сфере высокотехнологичного строительного оборудования и цифровых решений, поддержанная соответствующей государственной политикой. Успешное развитие отечественной экосистемы открывает третью возможность – экспорт не сырья, а

готовых технологических решений (оборудование, ПО, стандарты) в страны ЕАЭС, СНГ и другие государства со схожими климатическими и инфраструктурными вызовами.

#### 4.4 Угрозы (Threats)

Ключевой угрозой является риск стремительного и необратимого технологического отставания от глобальных лидеров (США, Китай, ЕС). В случае сохранения инерционного сценария, уже через 5–7 лет Россия может столкнуться с необходимостью импорта не только оборудования, но и целых технологических цепочек, упустив возможность занять лидирующие позиции на формирующемся рынке. Этот риск усугубляется системными институционально-рыночными ограничениями, среди которых – отсутствие гарантированного спроса, связанное, в том числе, с неопределенностью в части принятия и финансирования государственных пилотных проектов, а также консерватизм строительной отрасли, ее ориентация на краткосрочную рентабельность традиционных методов и сопротивление внедрению инноваций. Отдельную проблему представляет неподготовленность ключевых заказчиков (государственных и окологосударственных структур), чьи процедуры закупок и технические требования не адаптированы для новых решений.

Препятствием для распространения АСП также пока остаются актуальные для всего глобального рынка технологические и нормативные барьеры, к которым относятся неразвитость нормативно-технической базы и отсутствие единых стандартов аддитивного строительного производства [110], технологические ограничения, связанные с обеспечением долговечности, сейсмо- и огнестойкости конструкций [111-114], а также потребность в развитии эффективных методов автономного армирования [11]. Дополнительным сдерживающим фактором выступает кадровый дефицит в связи с нехваткой в существующей строительной отрасли специалистов, обладающих компетенциями на стыке строительных специальностей, робототехники, материаловедения и цифрового проектирования. В условиях отсутствия четкого государственного сигнала и скоординированной поддержки совокупное действие этих угроз может свести на нет существующий технологический задел и внешние возможности для развития аддитивного строительного производства в России.

Важным итогом анализа является вывод о том, что потенциал для технологического рывка России в сфере аддитивного строительства существует, но его реализация невозможна без активной консолидирующей роли государства, способной превратить слабости в решаемые задачи, а угрозы – в управляемые риски

## **5. Форсайт-сценарии развития аддитивного строительного производства в России до 2036 года**

Детализация сценариев позволяет структурировать спектр возможных будущих состояний отрасли аддитивного строительства, исходя из взаимодействия ключевых факторов неопределенности. Эти сценарии являются не прогнозами, а инструментами стратегического мышления, помогающими подготовиться к различным вариантам развития событий.

### **Сценарий 1: «Экосистемный прорыв» (оптимистичный)**

В рамках этого сценария к 2036 году аддитивное строительное производство перестает быть экзотической технологией и занимает устойчивую долю в 10-15% рынка малоэтажного и социального строительства в России, став признанным инструментом в арсенале девелоперов и застройщиков. Успех обеспечивается синергией нескольких факторов. Государство, признав технологию приоритетом для технологического суверенитета и решения инфраструктурных задач, в 2025 году принимает и полноценно финансирует целевую федеральную программу развития технологии аддитивного строительного производства в России. Это запускает цепную реакцию: формируется полный пакет национальных стандартов, создается сеть региональных центров роботизации строительства (РЦРС), что снимает ключевые нормативные и инфраструктурные барьеры.

Параллельно резко активизируется частный капитал. Крупные строительные холдинги, видя четкие правила игры и поддержку государства, начинают массово инвестировать в интеграцию АСП в свои процессы. Возникает устойчивый рынок подряда, а отечественные производители оборудования и материалов выходят на уровень массового производства, добиваясь значительного снижения стоимости конечных решений. Технологические цепочки замыкаются внутри страны, формируется полноценная экосистема от программного обеспечения и материалов до готовых «под ключ» объектов.

Ключевым драйвером спроса становится государственный и квазигосударственный заказ в рамках масштабных программ. Технология получает широкое применение при реализации национальных проектов по строительству социальных объектов (школы, ФАПы и др.), жилья для молодых специалистов и военнослужащих в удаленных регионах, а также при освоении Арктики и Дальнего Востока, где ее преимущества в скорости и снижении логистической нагрузки наиболее востребованы. Параллельно расширяется экспериментальное и пилотное применение 3D-печати в сферах, инициируемых государственными интересами: туризме (гостиницы, инфраструктура), сельском хозяйстве, оборонно-промышленном комплексе и промышленном строительстве. Успех пилотных проектов массовой застройки в разных регионах страны (первый миллион квадратных метров до 2030 года [115-117]) создает доказательную базу и формирует положительный общественный имидж.

В результате Россия не только решает внутренние задачи, но и позиционируется как региональный технологический лидер. Отработанные и сертифицированные комплексные решения (оборудование, материалы, нормативы, образовательные программы) становятся

предметом экспорта в страны ЕАЭС, СНГ, БРИКС и другие дружественные государства, заинтересованные в быстром развитии собственной строительной отрасли. К 2036 году российские компании становятся заметными игроками на формирующемся глобальном рынке строительной робототехники и цифровых строительных технологий.

## **Сценарий 2: «Нишевая оптимизация» (инерционный)**

В рамках данного сценария развитие аддитивного строительства в России к 2036 году не приводит к революционной трансформации отрасли, а следует пути органичной, но ограниченной адаптации. Технология находит свои устойчивые рыночные ниши, где ее уникальные свойства дают неоспоримое конкурентное преимущество перед традиционными методами, однако массового прорыва на широкий рынок типового жилья и коммерческой недвижимости не происходит.

Государственная поддержка в этом сценарии носит фрагментарный и точечный характер. Вместо комплексной федеральной программы принимаются отдельные меры, такие как экспериментальные правовые режимы в отдельных регионах или грантовая поддержка единичных исследовательских проектов. Разработка нормативной базы отстает от практических реалий, что вынуждает пионеров рынка искать альтернативные правовые механизмы для реализации крупных проектов через индивидуальные экспертизы или экспериментальные правовые режимы. Это создает высокие транзакционные издержки и сдерживает интерес крупного системного капитала. Финансирование остается уделом энтузиастов, малого и среднего бизнеса, а также узкого сегмента застройщиков в премиальном сегменте.

В этих условиях основными сферами применения технологии становятся три четко очерченные ниши:

- Рынок уникальной малой архитектурной формы (МАФ) и предметов городского благоустройства. Возможность экономически эффективно создавать сложные, скульптурные объекты (скамьи, павильоны, арт-объекты) делает АСП стандартным инструментом для архитекторов и дизайнеров, работающих в сфере публичных пространств и частных ландшафтов.

- Элитное индивидуальное жилищное строительство и коммерческие объекты с высокой архитектурной ценностью. Для клиентов, для которых стоимость квадратного метра не является решающим фактором, а на первый план выходят уникальность дизайна, свобода планировки и статусность «дома из будущего», 3D-печать становится предпочтительным методом. Технология позволяет реализовывать сложнейшие бионические формы, создавая «штучный» продукт, что невозможно или чрезвычайно дорого при использовании традиционных технологий строительства. Эта ниша хорошо монетизируется, но имеет естественные ограничения по объему рынка.

- Реконструкция и строительство в стесненных условиях исторической застройки. Возможность печатать конструкции с точным соблюдением заданных, часто нелинейных геометрий, а также мобильность некоторых типов принтеров делают технологию рабочим инструментом для отдельных деликатных работ, где применение тяжелой техники и масштабные опалубочные работы невозможны.

Рынок в этом сценарии остается разрозненным. Отечественные производители оборудования не столько развиваются, сколько выживают, обслуживая узкие сегменты, что не позволяет большинству из них выйти на уровень масштабного серийного производства. Экспортные перспективы ограничены поставками единичных комплексов или выполнением заказов на сложные архитектурные элементы. Технология воспринимается профессиональным сообществом как полезный, но специализированный инструмент, а не как драйвер системных изменений в строительной отрасли. Доля АСП в общем объеме строительства в России к 2036 году не превышает 1%, оставаясь маркером инновационности для избранных проектов, но не меняя общую картину строительного комплекса.

### **Сценарий 3: «Стагнация под давлением» (пессимистичный)**

Этот сценарий описывает путь, по которому аддитивное строительное производство в России к 2036 году фактически не выходит за рамки фазы экспериментальных демонстраций, оставаясь технологией с нереализованным потенциалом и маргинальным статусом. Развитие упирается в непреодоленный комплекс институциональных, экономических и технологических барьеров, которые в условиях отсутствия целенаправленных усилий по их снятию оказываются критическими.

Важным сдерживающим фактором выступает нормативно-правовой вакуум. Несмотря на отдельные инициативы, так и не формируется связный пакет национальных стандартов и правил проектирования для АСП. Процесс согласования каждого более-менее сложного и ответственного пилотного объекта сопряжен с бюрократическими трудностями – государственная экспертиза, не имея устоявшейся методической базы, либо занимает консервативную позицию, либо предъявляет завышенные, экономически необоснованные требования, что делает легализацию больших проектов долгим, дорогим и рискованным процессом, отсекая от рынка потенциальных инвесторов и застройщиков.

Экономика технологии в таких условиях оказывается неконкурентной. Отсутствие массового спроса и государственного заказа не позволяет производителям оборудования и материалов выйти на уровень серийного производства, оставляя стоимость комплексов и специализированных смесей за пределами высокой. Технология не может пройти точку перелома, где эффект масштаба начинает снижать удельную стоимость. Инвестиции в АСП рассматриваются как венчурные и высокорисковые, что ограничивает приток капитала лишь небольшими частными вложениями энтузиастов. Крупный строительный бизнес, видя непрозрачные правила и отсутствие понятной экономической модели, предпочитает работать с проверенными традиционными методами.

В результате рынок фрагментируется до уровня разрозненных инициатив. Деятельность сосредотачивается в руках узкого круга технологических стартапов и отдельных университетских лабораторий, которые возводят единичные объекты преимущественно в целях саморекламы, научных исследований или выполнения редких коммерческих заказов на нестандартные малые формы. Эти проекты носят демонстрационный характер и не приводят к накоплению критической массы для технологического рывка. Отечественные технологические разработки либо остаются в виде прототипов, либо их создатели уходят с рынка, не выдерживая финансовой нагрузки. В технологическом плане возникает

зависимость от импорта ключевых компонентов и решений, так как внутренний рынок слишком мал для поддержки собственной производственной кооперации.

К 2036 году аддитивное строительство в России воспринимается как интересная, но непрacticная диковинка, технология «на будущее», которое так и не наступило. Ее доля в общем объеме строительства статистически незначима. Экспортный потенциал сводится к нулю. Россия упускает возможность создать новую высокотехнологичную отрасль и вновь оказывается в роли догоняющего, импортируя готовые строительные решения тогда, когда (если) технология окончательно созреет и будет массово внедрена за рубежом. Данный сценарий представляет собой реализацию рисков упущенного «окна возможностей» и закрепление в долгосрочной перспективе технологической зависимости России в области высокопроизводительного роботизированного строительного производства.

#### **Сценарий 4: «Растворение в гибридах» (адаптивный)**

Данный сценарий предполагает, что к 2036 году аддитивное строительство не выделяется в самостоятельную, революционную отрасль, а растворяется в виде значимого модуля в составе более широких, гибридных автоматизированных строительных систем. Исчезновение технологической аутентичности становится не поражением, а признаком ее успешной адаптации и интеграции. «Чистая» 3D-печать конструкций уступает место комбинированным технологическим цепочкам, где аддитивные процессы выполняют строго определенные, оптимизированные операции в тандеме с другими роботизированными методами.

Драйвером такого развития становится прагматичный ответ строительной индустрии на комплексные вызовы. Отрасль приходит к выводу, что универсального решения в виде одного метода печати не существует. Вместо этого формируется принцип гибридной интеграции, где различные автоматизированные технологии используются синергетически на разных этапах. Например, аддитивный робот-манипулятор возводит каркас здания с интегрированными каналами для коммуникаций, параллельно другой автономный комплекс монтирует стандартные заводские панели перекрытий и фасадов, третий робот ведет укладку изоляции или отделочных материалов, используя цифровую модель как единый источник данных.

В этом сценарии происходит «десакрализация» самой технологии печати. Ее аппаратная часть (экструдеры, системы позиционирования) становится более компактной, надежной и дешевой, превращаясь в стандартный сменный модуль для строительного робота-платформы. Ключевой ценностью становится не сам факт послойного нанесения, а программное обеспечение для управления этим гибридным роём, системы компьютерного зрения для контроля качества и искусственный интеллект для динамического перепланирования задач на стройплощадке.

Нормативное регулирование и рынок подстраиваются под эту новую реальность. Стандартизируются не методы строительства, а интерфейсы данных (цифровые двойники) и протоколы взаимодействия между разными автоматизированными системами на объекте. Российские компании, которые в предыдущих сценариях могли остаться производителями узкоспециализированных 3D-принтеров, в данном случае либо становятся разработчиками

программных платформ и систем управления, либо интеграторами, собирающими под ключ гибридные автоматизированные строительные комплексы из лучших доступных модулей – отечественных и импортных.

В этом сценарии к 2036 году не возникает отдельного рынка «строительной 3D-печати». Вместо этого формируется и стремительно растет рынок автоматизированного (роботизированного) гибридного строительного производства, где аддитивные технологии являются важным, но не единственным и не всегда доминирующим компонентом. Россия может занять в этом новом ландшафте сильные позиции если будет опираться на собственную технологическую базу, что требует в целом идти по траектории, описанной в Сценарии 1 («Экосистемный прорыв»). В противном случае путь гибридной интеграции обернется новой формой зависимости от иностранных критических технологий, где отечественный вклад будет ограничен низкотехнологичным монтажом. Следовательно, стратегическим фундаментом для данного сценария должно стать развитие компетенций в области системной интеграции, робототехнических платформ и отраслевого ПО на основе собственных экосистемных решений, что позволит осмысленно комбинировать лучшие мировые разработки, не теряя технологической самостоятельности в ключевых узлах.

## **6. Определение наиболее вероятного сценария**

Анализ мировой динамики, охватывающей не только развитие технологии АСП, но и общие тренды развития робототехники, искусственного интеллекта и других сквозных технологий Индустрии 4.0, указывает на то, что к 2036 году наиболее вероятным сценарием для глобального рынка станет формирование гибридной архитектуры, в которой аддитивные технологии займут важную нишу в составе автоматизированных систем строительной робототехники. Этот процесс будет характеризоваться консолидацией вокруг ограниченного числа технологических платформ и четкой сегментацией рынка, где с высокой степенью вероятности можно прогнозировать укрепление позиций нынешних лидеров и создание ими замкнутых технологических экосистем и стандартов.

Глобальный гибридный сценарий описывает будущую конфигурацию рынка, но не определяет место в нем отдельной страны. Позиция России в этой системе будет обусловлена результатом ее собственных действий, поэтому центральный вывод исследования заключается в определении спектра возможных траекторий, каждая из которых ведет к различной роли в глобальном укладе.

Сценарий «Экосистемный прорыв» соответствует роли разработчика и экспортера собственных технологических платформ, и его реализация позволит России не просто интегрироваться в глобальную гибридную модель, но стать одним из ее архитекторов. Сценарий «Нишевая оптимизация» соответствует роли локального интегратора преимущественно иностранных технологий. В этом случае Россия, вероятнее всего, начнет использовать зарубежные платформы для решения внутренних задач, не оказывая существенного влияния на глобальный рынок. Сценарий «Стагнация под давлением» соответствует роли догоняющего импортера полностью готовых решений и технологической периферии, что приведет к полной утрате существующего научно-технического задела.

В условиях глобальной технологической трансформации и развития платформенной конкуренции выбор траектории для России приобретает стратегическую значимость. Гибридизация мирового рынка создает ситуацию, в которой позиции локального интегратора или догоняющего импортера становятся уязвимыми, усиливая зависимость и противоречия логике технологического суверенитета в системообразующей отрасли экономики. Следовательно, движение по пути «Экосистемного прорыва» становится единственным устойчивым сценарием, так как только создание замкнутой национальной экосистемы с собственными технологиями и стандартами позволит России обеспечить стратегическую самостоятельность в создании критической инфраструктуры, реализовать конкурентные преимущества и сформировать экспортный потенциал в виде комплексных решений.

По этой причине центральным выводом исследования становится необходимость перевода сценария «Экосистемный прорыв» из разряда возможных будущих состояний в статус официальной целевой траектории развития отрасли. Достижение этой цели требует запуска в ближайшие годы соответствующей государственной программы, синтезирующей лучшие элементы мировых моделей поддержки, что позволит России не просто войти в глобальную трансформацию, а занять в ней лидирующую позицию на стратегически важных направлениях.

## **7. Выявление «окон возможностей» и критических точек развития**

Главное «окно возможностей» для России открыто до 2028-2030 годов. Этот период характеризуется относительной незанятостью технологических ниш на глобальном рынке, наличием собственного научного задела и уникальным сочетанием внутренних вызовов (освоение территорий, дефицит кадров), которые технология может решить. Успешное использование этого окна позволит создать конкурентоспособную национальную экосистему и войти в число лидеров следующего технологического уклада в строительстве. Упущение этого шанса ведет к укреплению зависимости от иностранных решений.

Критическими точками, от которых зависит прохождение траектории, являются:

- Точка формирования спроса (2026-2028 гг.): Формирование нормативно-правового поля и запуск первой волны масштабных пилотных проектов (сотни объектов) в рамках госзаказа, доказывающих экономическую и техническую состоятельность технологии.
- Точка экономической окупаемости (2028-2030 гг.): Достижение эффекта масштаба, при котором стоимость строительства с применением АСП становится конкурентоспособной с традиционными методами на типовых проектах, что обеспечивает привлечение массового частного застройщика.

Преодоление этих точек требует не разрозненных мер, а скоординированной программы, фокусирующей ресурсы на создании не отдельных продуктов, а целостной институциональной и рыночной среды.

## **8. Рекомендации в отношении формирования государственной политики**

Как уже было сказано ранее, сценарий «Экосистемный прорыв» представляется оптимальной основой для выстраивания государственной политики в отношении развития технологии аддитивного строительного производства, поскольку он предлагает комплексный

путь преодоления системных слабостей, выявленных в анализе. В то время как инерционный или даже адаптивный сценарии могут оставить Россию в роли импортера готовых решений или критических узлов, а пессимистичный – привести к утрате компетенций, первый сценарий задает амбициозную, но достижимую цель формирования замкнутой национальной экосистемы. Данный путь рассматривается как приоритетный, поскольку он позволяет не просто адаптировать технологию, а создать внутренний рынок, обеспечить массовую подготовку кадров, сформировать экспортный потенциал и, что особенно важно, обрести контроль над всей цепочкой создания стоимости.

Соответствующая государственная программа развития и масштабирования технологии в России необходима для разработки и реализации дорожной карты последовательных и взаимосвязанных действий, нацеленных на воплощение обозначенного целевого сценария. Ее этапы соответствуют логике формирования отрасли: от устранения системных барьеров и создания первичного спроса к масштабированию и выходу на глобальный уровень, что обеспечивает не разовую поддержку пилотных проектов, а планомерное развитие новой индустрии как основы для долгосрочного роста и национальной безопасности.

Для реализации этой задачи предлагается структурировать программу в виде двух последовательных фаз, каждая из которых решает набор конкретных задач:

#### Фаза 1: Технологическое развитие и масштабирование отрасли (2026–2030 годы)

Целью первого фазы является преодоление фрагментарности и создание целостной, саморазвивающейся отрасли с замкнутыми технологическими цепочками и растущим коммерческим спросом, выходящим за рамки государственного заказа.

На подготовительном этапе реализации данной фазы обеспечивается создание фундаментальных предпосылок для легализации и тиражирования технологии через преодоление ключевых институциональных барьеров и формирование первичного устойчивого спроса. Первоочередным шагом становится создание межведомственного координационного совета по развитию АСП с участием ведущих научных центров и профильных ассоциаций для детализации проработки отдельных мероприятий программы развития.

Основным содержанием этапа становится формирование сквозных цепочек создания стоимости, что достигается через создание сети ключевой инфраструктуры – региональных центров роботизации строительства (РЦРС), выполняющих роль производственно-сервисных хабов. Каждый такой центр, создаваемый на принципах государственно-частного партнерства, объединяет в себе несколько функций: сервисное обслуживание и лизинг оборудования, производство строительных смесей по локализованным рецептурам, контрактную печать элементов для местных застройщиков и, что критически важно, подготовку кадров через учебные полигоны. РЦРС становятся узловыми точками, вокруг которых консолидируются местные компании, поставщики сырья и заказчики, обеспечивая синергию и сокращая логистические издержки.

Образовательная интеграция переходит от создания отдельных программ к их широкому внедрению в систему профессиональных стандартов. Профильные компетенции по аддитивному строительному производству встраиваются в актуализированные ФГОС, что

позволяет готовить специалистов нового поколения не в отдельных вузах, а по всей стране, формируя устойчивый кадровый поток для растущей отрасли.

Параллельно запускается программа создания федеральной сети пилотных зон застройки, в рамках которой в нескольких климатически и экономически разных регионах возводятся не единичные объекты, а целые кварталы открытой для посещения жилой, социальной, туристической и иной застройки с полным инженерным оснащением и благоустройством. Эти пилотные зоны выполняют несколько функций: они становятся площадкой для финальных испытаний и стандартизации новых технологических решений в реальных условиях, наглядной демонстрацией возможностей технологии для населения и потенциальных инвесторов, а также живой лабораторией для долгосрочного мониторинга эксплуатационных характеристик напечатанных зданий. К концу этапа доля АСП в сегменте малоэтажного социального и индивидуального жилищного строительства в пилотных регионах должна достичь 1-2%, а сама технология перестать восприниматься как экспериментальная, войдя в число стандартных опций для девелоперов.

#### Фаза 2: Лидерство и глобальная интеграция (2030–2036 годы)

Целью второго этапа является превращение аддитивного строительства в одну из технологических основ российской строительной индустрии, обеспечивающей ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках, и закрепление за Россией статуса одного из мировых центров компетенций в данной области.

К 2036 году аддитивное строительное производство окончательно формируется как полноценная, самодостаточная отрасль с высокой степенью автоматизации и цифровизации всех этапов производственного процесса. Технология становится стандартным, экономически оправданным выбором для широкого спектра задач, занимая целевую долю рынка нового малоэтажного строительства. Ее применение приобретает системный характер в рамках федеральных и региональных программ комплексного развития территорий. Это означает не просто строительство отдельных домов, а создание с использованием АСП целых населенных пунктов и инфраструктурных кластеров в зонах стратегического развития, таких как Арктика, Дальний Восток, а также на территориях редевелопмента промышленных зон. Технология интегрируется с системами «умного города», где напечатанные конструкции изначально проектируются с закладными элементами для датчиков, автоматизированных инженерных сетей и энергоэффективных решений.

Экономика отрасли достигает зрелости. Стоимость строительства с применением АСП на типовых проектах становится на 15-25% ниже, чем у традиционных технологий сопоставимого качества, за счет эффекта масштаба, полной автоматизации процессов цепочек поставок и развитого рынка конкурентоспособных отечественных материалов и комплектующих. Появляются публичные компании – технологические лидеры отрасли, чья капитализация основана на инновационном потенциале и интеллектуальной собственности.

На глобальном уровне Россия входит в топ-5 технологических держав в сфере строительной роботизации и цифрового производства в строительстве. Экспортная стратегия переходит от поставок единичного оборудования к экспорту комплексных технологических решений «под ключ»: проектирование, поставка адаптированного оборудования, обучение персонала и сопровождение строительства объектов в странах ЕАЭС, СНГ, БРИКС, Азии и

Африки. Российские нормативно-технические требования и подходы в области аддитивного строительного производства де-факто становятся базовыми для ряда дружественных стран, формируя общее технологическое пространство. Ключевым показателем успеха на этом этапе является возникновение устойчивого спроса на российские технологии и экспертизу со стороны международных партнеров, что подтверждает достижение не только количественных, но и качественных целей технологического лидерства.

Развернутый проект концепции государственной программы развития аддитивного строительного производства в Российской Федерации представлен в Приложении А



электронная версия отчета

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dams B, Chen B, Kaya YF, Shepherd P, Kovac M and Ball RJ (2025) The rise of aerial additive manufacturing in construction: a review of material advancements. *Front. Mater.* 11:1458752. doi: 10.3389/fmats.2024.1458752.
2. Julien Gardan, Lotfi Hedjazi, Ali Attajer (2025). Additive manufacturing in construction: state of the art and emerging trends in civil engineering. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Special issue: 'Construction 5.0', Vol. 30, pg. 92-112, DOI: 10.36680/j.itcon.2025.005.
3. 3D Concrete Printing Market Size, Share and Trends 2025 to 2034 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/3d-concrete-printing-market> (дата обращения 22.11.2025).
4. Oladunni OJ, Lee CKM, Ibrahim ID and Olanrewaju OA (2025) Advances in sustainable additive manufacturing: a systematic review for construction industry to mitigate greenhouse gas emissions. *Front. Built Environ.* 11:1535626. doi: 10.3389/fbuil.2025.1535626.
5. Adamtsevich, L.; Pustovgar, A.; Adamtsevich, A. Assessing the Prospects and Risks of Delivering Sustainable Urban Development Through 3D Concrete Printing Implementation. *Sustainability* 2024, 16, 9305. <https://doi.org/10.3390/su16219305>.
6. Khosravani, M.R.; Haghghi, A. Large-Scale Automated Additive Construction: Overview, Robotic Solutions, Sustainability, and Future Prospect. *Sustainability* 2022, 14, 9782. <https://doi.org/10.3390/su14159782>.
7. 3D Printing and Construction Technology Landscape Mapped [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprintingindustry.com/news/3d-printing-and-construction-technology-landscape-mapped-242993/> (дата обращения 20.11.2025).
8. Xiaonan Wang, Wengui Li, Yipu Guo, Alireza Kashani, Kejin Wang, Liberato Ferrara, Isabel Agudelo, Concrete 3D printing technology for sustainable construction: A review on raw material, concrete type and performance, *Developments in the Built Environment*, Volume 17, 2024, 100378, <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100378>.
9. D.E.P. Klenam, F. McBagonluri, T.K. Asumadu, S.A. Osafo, M.O. Bodunrin, L. Agyepong, E.D. Osei, D. Mornah, W.O. Soboyejo, Additive manufacturing: shaping the future of the manufacturing industry – overview of trends, challenges and opportunities, *Applications in Engineering Science*, Volume 22, 2025, 100224, <https://doi.org/10.1016/j.apples.2025.100224>.
10. Ghafur H. Ahmed, A review of “3D concrete printing”: Materials and process characterization, economic considerations and environmental sustainability, *Journal of Building Engineering*, Volume 66, 2023, 105863, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105863>.
11. Jianzhuang Xiao, Guangchao Ji, Yamei Zhang, Guowei Ma, Viktor Mechtcherine, Jinlong Pan, Li Wang, Tao Ding, Zhenhua Duan, Shupeng Du, Large-scale 3D printing concrete technology: Current status and future opportunities, *Cement and Concrete Composites*, Volume 122, 2021, 104115, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104115>.
12. Puzatova, A.; Shakor, P.; Laghi, V.; Dmitrieva, M. Large-Scale 3D Printing for Construction Application by Means of Robotic Arm and Gantry 3D Printer: A Review. *Buildings* 2022, 12, 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings12112023>.
13. The BOD2 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cobod.com/solution/bod2/> (дата обращения: 24.11.2025).
14. Строительный 3D принтер «АМТ» S300 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://specavia.pro/catalog/stroitelnye-3d-printery/948DE5B0-2913-B765-071A-B6E3101901E1/stroitelnyj-3d-printer-amt-s300/> (дата обращения: 24.11.2025).
15. Robotic Arms vs. Gantry Systems in 3D Concrete Printing [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vertico.com/wiki/robotic-arms-vs-gantry-systems-3d-concrete-printing> (дата обращения: 24.11.2025).

16. Tiryaki, Mehmet & Zhang, Xu & Pham, Quang Cuong. (2018). Printing-while-moving: a new paradigm for large-scale robotic 3D Printing. 10.48550/arXiv.1809.07940.
17. Jianzhuang Xiao, Guangchao Ji, Yamei Zhang, Guowei Ma, Viktor Mechtcherine, Jinlong Pan, Li Wang, Tao Ding, Zhenhua Duan, Shupeng Du, Large-scale 3D printing concrete technology: Current status and future opportunities, *Cement and Concrete Composites*, Volume 122, 2021, 104115, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104115>.
18. Intelligent Machines Building Humanity's Future [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iconbuild.com/> (дата обращения 24.11.2025).
19. ГОСТ Р 59097-2020 Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования.
20. Mahfuzur Rahman, S. Rawat, Richard (Chunhui) Yang, Ahmed Mahil, Y.X. Zhang, A comprehensive review on fresh and rheological properties of 3D printable cementitious composites, *Journal of Building Engineering*, Volume 91, 2024, 109719, <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109719>.
21. Xu K, Yang J, He H, Wei J, Zhu Y. Influences of Additives on the Rheological Properties of Cement Composites: A Review of Material Impacts. *Materials (Basel)*. 2025 Apr 11;18(8):1753. doi: 10.3390/ma18081753. PMID: 40333369; PMCID: PMC12028820.
22. Shravan Muthukrishnan, Sayanthan Ramakrishnan, Jay Sanjayan, Technologies for improving buildability in 3D concrete printing, *Cement and Concrete Composites*, Volume 122, 2021, 104144, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104144>.
23. Ali Fasihi, Nicolas A. Libre, From pumping to deposition: A Comprehensive review of test methods for characterizing concrete printability, *Construction and Building Materials*, Volume 414, 2024, 134968, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134968>.
24. Mishra, S. (2025) "From printing to performance: a review on 3D concrete printing processes, materials, and life cycle assessment," *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. doi: 10.1007/S41024-025-00626-4.
25. Singaram, Kailash Kumar et al. (2023) "Rheology and pumpability of mix suitable for extrusion-based concrete 3D printing -A review," *Construction and building materials*. doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.132962..
26. Оценка экструдированности и формоустойчивости модифицированных цементных смесей для строительной 3D-печати / Г. С. Славчева, О. В. Артамонова, Д. С. Бабенко [и др.] // *Современные проблемы строительства : Коллективная монография, – Санкт-Петербург - Калининград : Русская христианская гуманитарная академия им. Ф.М. Достоевского*, 2025. – С. 21-32. – EDN JYDULA.
27. Исследование прочности сцепления слоев в технологии 3D-печати бетоном / Р. Х. Мухаметрахимов, Р. З. Рахимов, А. Ф. Бурьянов, Л. В. Зиганшина // *Строительные материалы. – 2025. – № 7. – С. 32-37. – DOI 10.31659/0585-430X-2025-837-7-32-37. – EDN GQVOKW.*
28. X. Zhou, G. Liu, Y. Bai, and H. Zhang, "Research progress on 3D printed geopolymers materials," *Vibroengineering Procedia*, Vol. 59, pp. 216–222, Sep. 2025, <https://doi.org/10.21595/vp.2025.25087>.
29. Ruiying Liu, Zhongming Xiong, Xuan Chen, Qiong Jia, Jiarui Liu, Yue Liu, Junjie Zeng, Yan Zhuge, Industrial waste in 3D printed concrete: A mechanistic review on rheological control and printability, *Journal of Building Engineering*, Volume 113, 2025, 114033, <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.114033>.
30. Salari, M. and Akhoundi, B. (2026). Environmental Assessment of 3D Printed Concrete: Potentials and Challenges, Perspectives, and Opportunities (2013-2023). *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, 14(1), 2239, <https://doi.org/10.22075/jrce.2025.36412.2239>.
31. Our next-gen wall panel solution is fast, sustainable and resilient [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mightybuildings.com/mighty-kit-system> (дата обращения: 26.11.2025).
32. Katie Schweizer, Sunil Bhandari, Roberto A. Lopez-Anido, Matthew Korey and Halil Tekinalp *Recycling Large-Format 3D Printed Polymer Composite Formworks Used for Casting Precast Concrete –*

Technical Feasibility and Challenges, Journal of Composites for Construction Volume 28, Issue 6, <https://doi.org/10.1061/JCCOF2.CCENG-475>.

33. 3D нам строить и жить помогает? // Информационное моделирование. – 2024. – № 1. – С. 72-80. – EDN BMFHMG..

34. Orobio, A. (2025) "BIM integration in prefabricated additive construction projects, case study," Journal of Building Pathology and Rehabilitation. doi: 10.1007/S41024-025-00678-6.

35. Vuong Nguyen-Van, Phuong Tran, Chenxi Peng, Luong Pham, Guomin Zhang, H. Nguyen-Xuan, Bioinspired cellular cementitious structures for prefabricated construction: Hybrid design & performance evaluations, Automation in Construction, Volume 119, 2020, 103324, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103324>.

36. Hernández Vargas, J., Sjölander, A., Westerlind, H., & Silfwerbrand, J. (2024). Internal topology optimisation of 3D printed concrete structures: a method for enhanced performance and material efficiency. Virtual and Physical Prototyping, 19(1), <https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2346290>.

37. Lai X, Wei Z. Slicing Algorithm and Partition Scanning Strategy for 3D Printing Based on GPU Parallel Computing. Materials (Basel). 2021 Jul 31;14(15):4297. doi: 10.3390/ma14154297. PMID: 34361491; PMCID: PMC8347081.

38. Cognitive Market Research (2025). "Construction 3D Printing Market Analysis 2025".

39. Grand View Research (2024). "3D Concrete Printing Market Size Report 2030".

40. Towards Chemical and Materials Consulting (2025). "3D Printing Construction Market Size to Worth USD 1,389.08 Billion by 2035".

41. Allied Market Research (2025). "3D Concrete Printing Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Printing Type (Gantry system, Robotic arm), by Technique (Extrusion-based, Powder-based), by End-use Sector (Residential, Commercial, Infrastructure): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021 - 2031".

42. Polaris Market Research (2025). "3D Printing Construction Market Size, Share, Trends, Industry Analysis Report By Construction Type (Modular, Full Building), By Material Type, By Construction Method, By End Use, By Region – Market Forecast, 2025–2034".

43. Market Data Forecast (2025). "Global 3D Printing Construction Market Size, Share, Trends & Growth Forecast Report By Material (Concrete and Mortar, Polymers and Others), Process (Extrusion, Powder Bonding and Others), Construction Form and Region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East and Africa) – Industry Analysis (2025 to 2033)".

44. World's largest 3D-printed neighborhood nears completion in Texas [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.voanews.com/a/world-s-largest-3d-printed-neighborhood-nears-completion-in-texas/7734683.html> (дата обращения 20.11.2025).

45. Code to Concrete: How ICON's Integrated Workflow Is Rewriting Residential Construction [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://blog.bluebeam.com/3d-printed-homes-icon-construction-workflow/> (дата обращения 20.11.2025).

46. CyBe Construction: Faster, Affordable and Sustainable Housing – AMS Speaker Spotlight [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprint.com/297500/cybe-construction-faster-affordable-and-sustainable-housing/> (дата обращения 20.11.2025).

47. COBOD: Global market of 3D printed buildings [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cobod.com/global-inventory-3d-printed-buildings/> (дата обращения 20.11.2025).

48. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Адамцевич Л.А. Аддитивное строительное производство: обзор мирового опыта // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 12. С 83-97, doi: 10.33622/0869-7019.2023.12.83-97.

49. 3D Concrete Printing in the UAE [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cybe.eu/where-we-print/3d-concrete-printing-in-the-uae/> (дата обращения: 26.11.2025).

50. New European Bauhaus: About the initiative [электронный ресурс]. Режим доступа: [https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative\\_en](https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative_en) (дата обращения 02.12.2025).
51. DoD Additive Manufacturing Strategy [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cto.mil/dod-ams/> (дата обращения 04.12.2025).
52. Saudi Vision 2030 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vision2030.gov.sa/en> (дата обращения 04.12.2025).
53. World's Largest 3D-Printed Concrete Pedestrian Bridge Completed in China [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.archdaily.com/909534/worlds-largest-3d-printed-concrete-pedestrian-bridge-completed-in-china> (дата обращения 15.11.2025).
54. 3D printed house takes shape in rural China [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.voxelmatters.com/3d-printed-house-takes-shape-in-rural-china/> (дата обращения 15.11.2025).
55. America Makes: Advancing the Technology. Growing the Workforce. Expanding the Industrial Base [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.americamakes.us/> (дата обращения 04.12.2025).
56. AM Forward Program: Everything You Need To Know [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://markforged.com/resources/blog/am-forward-program-everything-you-need-to-know> (дата обращения 04.12.2025).
57. 3D-Printed Habitat Challenge (2015 – 2019) [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nasa.gov/prizes-challenges-and-crowdsourcing/centennial-challenges/3d-printed-habitat-challenge/> (дата обращения 04.12.2025).
58. NASA Enables Construction Technology for Moon and Mars Exploration [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nasa.gov/directorates/stmd/nasa-enables-construction-technology-for-moon-and-mars-exploration/> (дата обращения 04.12.2025).
59. Dubai 3D Printing Strategy (2016).
60. Safer, cleaner and smarter construction sites: essential elements for robotic solutions in HORIZON-CL5-2026-02-D4-01 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://accelopment.com/blog/funding/robotic-renovation-construction-horizon-europe/>, (дата обращения 04.12.2025).
61. WASP: Robotic arm 3D printing [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.3dwasp.com/en/> (дата обращения 04.12.2025).
62. Российская газета: 3D-печать в строительстве: Как аддитивные технологии помогают возводить дома и в чем их преимущество [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2025/09/04/narisuem-budem-zhit.html> (дата обращения: 03.12.2025).
63. Журнал аддитивные технологии: Жилой дом: скачать и распечатать! [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://additiv-tech.ru/news/zhiloy-dom-skachat-i-raspechatat.html> (дата обращения: 03.12.2025).
64. Total Kustom is the pioneer in Concrete 3D Printing [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.totalkustom.com/> (дата обращения 20.11.2025).
65. World's First 3D Printed Castle is Complete – Andrey Rudenko Now to Print a Full-size House [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprint.com/12933/3d-printed-castle-complete/> (дата обращения: 25.11.2025).
66. 3D-printed castle heralds future of click-and-print architecture [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://newatlas.com/custom-3d-printer-concrete-castle/33577/> (дата обращения: 03.12.2025).
67. Europe's first 3D printed pre-fab house completed by AMT-SPETSAVIA [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprintingindustry.com/news/europes-first-3d-printed-pre-fab-house-completed-russias-amt-spetsavia-123245/> (дата обращения: 25.11.2025).
68. COBOD [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cobod.com/> (дата обращения: 25.11.2025).

69. Датская компания продемонстрировала 3D-принтер для печати многоэтажных зданий [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://additiv-tech.ru/news/datskaya-kompaniya-prodemonstrovala-3d-printer-dlya-pechati-mnogoetazhnyh-zdaniy.html>, (дата обращения: 25.11.2025).
70. Apis Cor realizes Russia's first on-site 3D printed house in just 24 hours [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.designboom.com/architecture/apis-cor-pik-3d-printed-house-24-hours-02-28-2017/> (дата обращения: 25.11.2025).
71. Apis Cor 3D Prints a House in 24 Hours and Creates a Technological Showcase [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dprint.com/166389/apis-cor-3d-printed-house-russia/> (дата обращения: 25.11.2025).
72. Mighty Buildings [электронный ресурс]. Режим доступа: [https://tadviser.com/index.php/Company:Mighty\\_Buildings](https://tadviser.com/index.php/Company:Mighty_Buildings) (дата обращения 07.12.2025).
73. Mighty Buildings completes 3D-printed net-zero home in southern California [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dezeen.com/2022/11/04/mighty-buildings-worlds-first-3d-printed-zero-net-home-california/> (дата обращения: 03.12.2025).
74. Mighty Buildings: Our Impact [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mightybuildings.com/sustainability> (дата обращения: 03.12.2025).
75. Mighty Buildings uses 3D printing for low-carbon, low-income housing [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.engineering.com/mighty-buildings-uses-3d-printing-for-low-carbon-low-income-housing/> (дата обращения: 03.12.2025).
76. AMT: серийный производитель строительных 3D принтеров [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://amt-print.com/> (дата обращения 07.12.2025).
77. Мобильные строительные 3D принтеры Rogue [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rogue3dprinter.com/> (дата обращения 07.12.2025).
78. Smart Build: Строительные 3D-Принтеры [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smartbuild.pro/category/stroitelnye-3d-printery/> (дата обращения 07.12.2025).
79. Учебный центр аддитивных технологий компании Smart Build Service [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smartbuildservice.ru/portfolio/uchebnyy-tsentr-additivnykh-tekhnologiy-kompanii-smart-build-service/> (дата обращения: 03.12.2025).
80. RVS-3D: Строительные 3D-Принтеры [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rvs3d.ru/> (дата обращения 07.12.2025).
81. ARKON Construction: Разработчик вертикально интегрированной технологии строительной 3D-печати [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arkon3d.ru/> (дата обращения 07.12.2025).
82. First 3D printed live-in building in Europe unveiled in Russia by AMT Specavia [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.voxelatters.com/first-3d-printed-live-building-europe-unveiled-yaroslav-amt-specavia/> (дата обращения 07.12.2025).
83. 3Dtoday: В Ярославле возвели 3D-печатное здание в форме кошки [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/v-yaroslavle-vozveli-3d-pecatnoe-zdanie-v-forme-koski> (дата обращения: 03.12.2025).
84. Wonderdom: 3D-печать удивительных домов [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.wonderdom.ru/> (дата обращения 07.12.2025).
85. ЯсноПоле: ВандерДом – напечатаны на 3D-принтере [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.yasnopole.ru/prozhivanie/vanderdom/> (дата обращения 07.12.2025).
86. Орловская компания Rocket Group создает 3D-печатные жилые модули [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/orlovskaya-kompaniya-rocket-group-sozdaet-3d-pecatnye-zilye-moduli> (дата обращения 07.12.2025).
87. В Татарстане открылся 3D-печатный общественный центр «Мелля» [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/v-tatarstane-otkrylsya-3d-pecatnyi-obshhestvennyi-centr-mellya> (дата обращения 07.12.2025).

88. RVS-3D: Малые архитектурные формы [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rvs3d.ru/product-category/malye-arhitekturnye-formy/> (дата обращения 20.11.2025).
89. 3D Today: Тюменская компания «Платинус» занимается 3D-печатью микроцементом [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/tyumenskaya-kompaniya-platinus-zanimaetsya-3d-pecatyu-mikrocementom> (дата обращения 20.11.2025).
90. 3D Today: В подмосковном жилом комплексе появился 3D-печатный фонтан [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/v-podmoskovnom-zilom-komplekse-royavilsya-3d-pecatnyi-fontan> (дата обращения 20.11.2025).
91. FCI-2025: На площадке НИУ МГСУ представлена экспозиция строительной 3D-печати и готовый жилой модуль [электронный ресурс], Режим доступа: <https://mgsu.ru/news/Universitet/FCI2025NaploshchadkeNIUMGSUpredstavlenaekspozitsiyastroitelnoy3Dpechatiiготовyyzhiloymodul/> (дата обращения 20.11.2025).
92. РИА 57: В Орле строят укрытия от беспилотников из 3D-бетона [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria57.ru/society/148566/> (дата обращения 20.11.2025).
93. ТАСС: В Ярославской области появится напечатанный на 3D-принтере коттеджный поселок [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/4717909> (дата обращения 20.11.2025).
94. ОTR: В Ярославской области появится коттеджный поселок, напечатанный на 3D-принтере [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://otr-online.ru/news/v-yaroslavskoy-oblasti-royavitsya-kottedzhnyu-poselok-napechatannyy-na-3d-printere-182985.html>, (дата обращения 20.11.2025).
95. 3D Today: Возведен первый в России двухэтажный 3D-печатный жилой дом [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/vozveden-pervyi-v-rossii-dvuxetaznyi-3d-pecatnyi-ziloi-dom> (дата обращения 20.11.2025).
96. Constructions-3D sets world record for tallest 3D printed building [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.voxelmatters.com/constructions-3d-sets-world-record-for-tallest-3d-printed-building/> (дата обращения: 03.12.2025).
97. Проект Tor Alva [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tor-alva.ch/en/> (дата обращения: 03.12.2025).
98. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Адамцевич Л.А. Исследование российского рынка материалов для аддитивного строительного производства // Строительные материалы. 2024. № 11. С. 18–24. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-830-11-18-24>.
99. Каталог 3D домов по цене 65 000 - 75 000 руб / м2 [Электронный ресурс] // АО "3D ТЕХНОЛОДЖИ" url: [3dmodul.shop](http://3dmodul.shop) (дата обращения: 13.10.2025).
100. Ясно Поле в 3D. Рядом с Москвой появится отель, напечатанный на 3D-принтере [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.euromag.ru/hotels/rjadow-s-moskvoj-pojavitsja-otel-napechatannyy-na-3d-printere/> (дата обращения 24.11.2025).
101. Строительная газета: В России открылся напечатанный на 3D-принтере отель [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stroygaz.ru/publication/architecture/v-rossii-otkrylsya-napechatannyy-na-3d-printere-otel/> (дата обращения 24.11.2025).
102. «Татнефть» открыла самое большое напечатанное на 3D-принтере здание [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tatcenter.ru/affiliate/tatneft-otkryla-samoe-bolshoe-napechatannoe-na-3d-printere-zdanie/> (дата обращения 24.11.2025).
103. В Татарстане открыли напечатанный на 3D-принтере общественный центр [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф/news/v-tatarstane-otkryli-napechatannyy-na-3d-printere-obshchestvennyy-tsentr/> (дата обращения 24.11.2025).

104. Коммерсантъ: Наука о слоях. Российские исследователи о том, как сделать 3D-печать домов массовой технологией [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/8077918> (дата обращения 10.12.2025).
105. Московская перспектива: 3D-печать перестала быть фантастикой [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mperspektiva.ru/topics/3d-pechat-perestala-byt-fantastikoy/> (дата обращения 24.11.2025).
106. IEA Experience Curves for Energy Technology Policy (2000) - 132 с..
107. The Exponential View of Solar Energy [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elements.visualcapitalist.com/the-exponential-view-of-solar-energy/> (дата обращения 20.12.2025).
108. A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> (дата обращения 20.12.2025).
109. Chris Busch, Fast-Falling Battery Prices Boost Economic Benefits Expected from Heavy-Duty Vehicle Electrification, 02.2024, 27 с..
110. Wijethunge, Anjalee; Samarasinghe, Don A.S.; Le, An; Gajanayake, Akvan; and Atapattu, Chinthaka (2025) "A Systematic Review on Sustainable 3D Concrete Printing: Opportunities and Challenges", CIB Conferences: Vol. 1 Article 204, DOI: <https://doi.org/10.7771/3067-4883.1881>.
111. Ler K.H., Khun M.C., Chin C.L., Ibrahim I.S.B., Padil K.H., Ab Ghafar M.A.I., Lenya A.A. Porosity and durability tests on 3D printing concrete: A review, Construction and Building Materials, vol. 446, 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.137973.
112. Demirbaş A.O., Tugluca M.S., Şahin O., İlcan H., Şahmaran M. A comprehensive study on the valorization of recycled concrete aggregates in 3D-printable cementitious systems, Structures, vol. 77, 2025, doi: 10.1016/j.istruc.2025.109152.
113. El Inaty F., Baz B., Aouad G. Long-term durability assessment of 3D printed concrete, Journal of Adhesion Science and Technology, vol. 37, 2023, doi: 10.1080/01694243.2022.2102717.
114. Kantawich Suphunsang, Lapyote Prasittisopin, Sirichai Pethrung, Withit Pansuk, Fire performance evaluation of 3D-Printed concrete walls: A combined full-scale and numerical modeling approach, Journal of Building Engineering, Volume 104, 2025, 112296, htt.
115. РБК: В России планируют напечатать 1 млн кв. м жилья на 3D-принтерах за 5 лет [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://realty.rbc.ru/news/683effa19a7947ac4caf40fc> (дата обращения 10.12.2025).
116. Ямал-медиа: В Москве обсудили перспективы применения аддитивных технологий в строительстве [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yamal-media.ru/tv/intervju/v-moskve-obsudili-perspektivy-primenenija-additivnyh-tehnologij-v-stroitelstve>, (дата обращения 10.12.2025).
117. 3DMIX 2025: Аддитивные технологии в строительстве [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stroymat.ru/2025/07/07/tb-4-2025-9-11/> (дата обращения: 03.12.2025).

## Приложение А. Концепция государственной программы развития аддитивного строительного производства в Российской Федерации

**ПРОЕКТ**

### 1. Введение

Российская строительная отрасль, являясь драйвером экономики и ключевым инструментом решения социальных задач, сталкивается с системным кризисом эффективности, что является следствием структурных ограничений традиционной модели строительства, главным из которых остается острая зависимость от рабочей силы и исторически низкая производительность труда. В условиях усугубляющегося дефицита кадров и роста затрат на материалы продолжение экстенсивного развития на прежней технологической основе ведет к хроническому замедлению и качественному отставанию инфраструктурного строительства в целом.

В этих условиях аддитивное строительное производство (строительная 3D-печать зданий и сооружений) представляет собой не просто новую технологию, сколько системный инструмент трансформации отрасли, который кардинально меняет парадигму традиционного строительства, перенося ключевые процессы в цифровую среду и на автоматизированные производственные площадки. Это обеспечивает потенциал значительного сокращения сроков строительства, уменьшения зависимости от ручного труда, оптимизации расхода материалов, а также открывает новые возможности в сфере архитектурного дизайна.

На сегодня в России сформирован уникальный научно-технологический задел – реализованы знаковые пилотные проекты, налажено производство отечественного оборудования и материалов для аддитивного строительного производства, ведется активная работа в сфере национальной стандартизации и подготовки кадров, однако рынок пока сильно фрагментирован и ограничен единичными проектами. В России действует не менее 10 отечественных производителей строительных 3D-принтеров, многие решения которых по стоимости в разы доступнее среднемировых аналогов при сопоставимом качестве. Это создает уникальные экономические предпосылки для старта целенаправленной государственной программы, без реализации которой существует опасность упустить «окно возможностей», в результате чего Россия может потерять инициативу, уступив формирующийся высокотехнологичный рынок зарубежным решениям, не выйдя за рамки экспериментальных демонстраций на пилотных объектах. Кроме того, в условиях санкционного давления формирование полного цикла отечественного рынка аддитивного строительного производства – от программного обеспечения и робототехники до специализированных материалов – становится вопросом технологического суверенитета, экспорта технологий и национальной безопасности, критически важным для устойчивого развития жилищного строительства, а также для создания инфраструктуры оборонного комплекса, ТЭК и объектов специального назначения.

Целью настоящей Программы является формирование к 2030 году в Российской Федерации конкурентоспособной и технологически независимой национальной экспортоориентированной отрасли аддитивного строительного производства, что

предполагает создание завершенного промышленного цикла, комплексной нормативной базы, системы подготовки кадров и устойчивого рыночного спроса.

Тактическим ядром и ключевым практическим результатом Программы является строительство «первого миллиона» квадратных метров жилья, объектов социальной, туристической и иной инфраструктуры с использованием 3D-печати и вовлечением в процесс аддитивного строительного производства участников СВО, получивших практические навыки и умения управления сложными роботизированными комплексами и БПЛА. «Первый миллион» составляет менее 0,1% от совокупной цели по вводу более 1 млрд кв. м жилья к 2030 году, поэтому не несет макроэкономических рисков, но обеспечивает накопление необходимой критической массы для формирования и быстрого масштабирования новой отрасли. Успешная реализация этой задачи заложит основу для экспансии технологии, целевым ориентиром которой является освоение 5–10% рынка нового жилья к 2036 году и утверждение России в качестве одного из глобальных лидеров в области высокотехнологичного строительства объектов промышленного и гражданского назначения.

## **2. Связь Программы с государственной политикой Российской Федерации**

Развитие отрасли аддитивного строительного производства (АСП) в России соответствует государственным приоритетам и документам стратегического планирования Российской Федерации, так как обеспечивает достижение конкретных целевых показателей и формирует технологический базис для выполнения национальных задач.

Программа способствует достижению целей, установленных Указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» в части обеспечения граждан жильем общей площадью не менее 33 кв. метров на человека к 2030 году и не менее 38 кв. метров к 2036 году. Этот качественный показатель требует значительного количественного роста, что отражено в первой цели Плана деятельности Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период с 2019 по 2024 год (утв. Минстроем России 05.03.2020 N 3-П/01), которая включает улучшение жилищных условий не менее чем 5 млн семей ежегодно, увеличение ввода жилья до 120 млн кв. м в год, рост обеспеченности жильем и качества городской среды. Масштаб данной задачи подтверждается Стратегией развития строительной отрасли и ЖКХ до 2030 года, прямо нацеленной на ввод более 1 млрд кв. м жилья в 2021–2030 годах и рост доступности приобретения, строительства или аренды жилья не менее чем для 67% граждан.

Аддитивное строительное производство создает потенциал технологического прорыва, позволяющего преодолеть системные ограничения традиционных методов за счет сокращения сроков возведения зданий, снижения материалоемкости и количества отходов, и обеспечивает возможность для массового, тиражируемого строительства индивидуального жилья (ИЖС), в том числе в труднодоступных и дефицитных по кадрам регионах, что обеспечивает соответствие программы приоритетам национального проекта «Инфраструктура для жизни». Помимо этого, программа является практическим воплощением приоритетов Стратегии научно-технологического развития РФ, так как обеспечивает переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным

технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования в отечественной строительной отрасли. Технология аддитивного строительного производства носит сквозной характер и обеспечивает эффективную комбинацию роботизированной техники, цифрового проектирования (BIM), новых материалов и систем управления качеством.

Особую актуальность программа приобретает в свете Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 14.07.2021 N 1913-п), ставящей цели создания конкурентоспособной отрасли, роста рынка, экспорта оборудования и материалов, а также подготовки кадров. В настоящее время основная часть рынка аддитивного производства в России сосредоточена в ТЭК, ОПК, авиации и машиностроении, в то время как строительство задействовано лишь косвенно. При этом потенциальная емкость рынка аддитивных технологий в строительстве способна превысить совокупный объем применения аддитивных технологий во всех других отраслях. Предлагаемая программа целенаправленно ликвидирует это «белое пятно», обеспечивая широкую интеграцию строительного сектора в уже действующую Стратегию развития аддитивных технологий и радикально увеличивая общий рынок АТ в стране.

Реализация программы развития аддитивного строительного производства в России способствует достижению конкретных целевых ориентиров, закрепленных в Стратегии развития строительной отрасли и ЖКХ до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства от 31 октября 2022 года N 3268-п), так как она предусматривает сокращение инвестиционно-строительного цикла, цифровизацию и повышение прозрачности процедур в строительстве, расширение использования новых технологий, повышение производительности труда и конкурентоспособности отрасли.

Развитие аддитивного строительного производства, внося непосредственный вклад в решение одной из ключевых общенациональных задач, заключающейся в преодолении сохраняющегося отставания в уровне роботизации отечественной промышленности и кардинальном повышении ее технологического уровня, отвечает стратегическому приоритету, обозначенному на высшем государственном уровне и требующему скорейшей практической реализации. Поскольку строительная отрасль исторически остается одним из наименее автоматизированных секторов национальной экономики, характеризующимся критической зависимостью от низкопроизводительного ручного труда и хроническим кадровым дефицитом, внедрение данной программы представляет собой целенаправленный механизм для осуществления в ней технологического рывка.

### **3. Механизмы реализации программы**

Программа выступает в качестве адаптивного периода (до 2030 года), предназначенного для формирования необходимых правовых, организационных, научных и инфраструктурных предпосылок, которые станут основой для последующего масштабного внедрения аддитивных технологий в строительный комплекс России. На данном этапе будет осуществлена синхронная работа по нескольким ключевым направлениям, включая разработку отечественной системы нормирования и стандартизации, создание сети испытательных и сертификационных центров, организацию партнерств для трансфера

технологий, финансирование и реализацию ряда пилотных проектов различного типа, а также запуск образовательных программ для подготовки первых когорт специалистов нового профиля.

Управление программой предусматривает создание межведомственного органа (федерального координационного совета) с участием представителей ключевых ФОИВ. В рабочую группу федерального координационного совета приглашаются представители ведущих научных организаций, профильных ассоциаций и активных участников рынка.

### 3.1 Формирование пилотных зон застройки и апробация технологии

Для практической отработки технологии и демонстрации ее потенциала будет создано не менее десяти пилотных зон застройки в различных регионах страны, отобранных на основе активности местных властей, наличия научной базы и промышленных партнеров. Данные зоны, расположенные от Арктики до южных регионов и включающие территории с особыми условиями (экстремальный холод, сейсмическая активность, влажный климат), станут полигонами для строительства демонстрационных объектов различного назначения – от индивидуального жилья до социальных, туристических и прочих инфраструктурных объектов, что обеспечит сбор уникального опыта для дальнейшего масштабирования.

Примерный перечень пилотных регионов и их возможная специализация:

- Москва и Московская область – центральная демонстрационная зона пилотного проектирования, близость к столице, развитая инфраструктура, развитая научная база с профильным исследовательским центром на базе нового кампуса мирового уровня НИУ МГСУ;
- Санкт-Петербург и Ленинградская область – изучение применимости технологии в условиях высокой влажности и морского климата, развитая научная база;
- Томская область – изучение применимости технологии в условиях климата Сибири, развитая научная база;
- Тюменская область – изучение применимости технологии в условиях ресурсодобывающего региона с развитой промышленной инфраструктурой, сезонными климатическими колебаниями и задачами обеспечения жильем вахтовых поселков;
- Красноярский край – изучение применимости технологии в условиях континентального климата с резкими перепадами температур, для строительства инфраструктуры в труднодоступных районах и в контексте реализации крупных промышленных и логистических проектов (например, в зоне Севморпути);
- Алтайский Край и Республика Алтай – изучение применимости технологии в условиях высокой сейсмичности и горного рельефа.
- Мурманская область – изучение применимости технологии в условиях Арктики и экстремальных климатических условиях.
- Республика Саха (Якутия) – изучение применимости технологии в условиях вечной мерзлоты и экстремальных климатических условиях ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), отработка архитектурно-планировочных решений в рамках сохранения культурной идентичности малых народов РФ;
- Краснодарский край – изучение применимости технологии в теплом климате, прибрежной полосе и в условиях строительства на легких грунтах;

- Республика Татарстан – центральное расположение, обширный опыт строительства и эксплуатации пилотных объектов АСП, развитая инфраструктура и научная база;
- Челябинская область – апробация технологии в условиях индустриального региона с континентальным климатом, направленная на решение задач модульного строительства социальных объектов и инфраструктуры для моногородов.
- Пермский край – изучение применимости технологии в условиях пересеченной местности и переходного климата.
- Дальневосточный регион, Сахалинская область – изучение применимости технологии в условиях сейсмической опасности и удаленных территорий.
- Новые регионы РФ – изучение применимости технологии для создания инфраструктуры для расселения граждан после боевых действий и ЧС.

3.2 Создание опорной инфраструктуры: сеть региональных центров роботизации строительства (РЦРС).

Важным инфраструктурным механизмом Программы является формирование федеральной сети региональных центров роботизации строительства (РЦРС). Эти центры задуманы как узловые точки технологического развития, обеспечивающие полный цикл внедрения и эксплуатации строительной 3D-печати в субъектах РФ. Их создание позволит преодолеть системные ограничения, связанные с высокой капиталоемкостью первоначальных инвестиций для отдельных компаний, острым дефицитом квалифицированных кадров, способных работать с роботизированными комплексами, а также с отсутствием в регионах специализированной сервисной и логистической поддержки данной технологии.

РЦРС представляет собой комплексный объект инфраструктуры, размещаемый на земельном участке площадью не менее 0,5 гектара и включающий несколько функциональных зон. Основой центра станет производственно-складской комплекс, состоящий из отапливаемого цеха, оборудованного для круглогодичной печати малых архитектурных форм, объемных бетонных модулей (префабов) и элементов сборных конструкций, а также складских помещений для хранения сырья, компонентов строительных смесей и готовой продукции. Вторым ключевым элементом выступит учебный центр, оснащенный современным мультимедийным оборудованием для теоретических занятий и выделенным полигоном с рабочими строительными 3D-принтерами для проведения практических тренингов и аттестаций операторов, мастеров и инженеров-технологов. Для обеспечения бесперебойной работы техники в структуру РЦРС войдет инженерно-сервисная зона – мастерская, укомплектованная диагностическим, ремонтным и калибровочным оборудованием для технического обслуживания роботизированных комплексов, миксерных установок и вспомогательной техники. Дополнительно центр включает административно-демонстрационный блок с офисными помещениями для сотрудников, переговорными комнатами для работы с заказчиками и партнерами, а также открытой экспозиционной площадкой, на которой в натуре будут представлены образцы напечатанных конструкций,

стенowych панелей и законченных архитектурных объектов, что послужит инструментом популяризации технологии.

Операционная деятельность РЦРС будет построена по модели центра компетенций и сервисного провайдера, охватывая широкий спектр услуг для регионального строительного рынка. В первую очередь – это предоставление строительным компаниям и подрядным организациям в лизинг или аренду строительных 3D-принтеров различных типоразмеров с полным технологическим и кадровым сопровождением, включая команду обученных операторов и инженерную поддержку. Во-вторых, центр будет осуществлять контрактное производство – печать стандартизированных и индивидуальных строительных элементов в цеховых условиях по техническим заданиям заказчиков с последующей доставкой на объекты для монтажа. В-третьих, РЦРС будет центром обучения и переобучения для участников СВО и молодежи региона. Центры станут исполнителями и технологическими партнерами в реализации пилотных проектов в рамках реализации Программы.

### 3.3 Формирование нормативно-правовой базы

Базовым условием для легализации и тиражирования технологии является создание исчерпывающей нормативной и законодательной базы на всех уровнях управления. На федеральном уровне работа, основанная на предложениях ФАУ «ФЦС» и ведущих научных организаций, включая НИУ МГСУ, КГАСУ, ТГАСУ, ВГТУ, СПбГПУ и др. будет сосредоточена на разработке пакета основополагающих документов, включающего национальные и межгосударственные государственные стандарты (ГОСТ Р, ГОСТ, нормативные документы стран ЕАЭС и БРИКС) на оборудование и материалы для АСП, а также свод правил (СП) Минстроя России на проектирование и строительство с применением данной технологии, что должно быть дополнено внесением необходимых поправок в существующие нормативные документы для полной интеграции 3D-печатных конструкций в действующее правовое поле при получении разрешительной документации.

Ключевым элементом решения задачи станет проведение НИОКР, интегрированных с программой экспериментального строительства, что обеспечит получение надежных данных для формирования нормативной базы, адаптированной к российским реалиям. Приоритетными направлениями исследований, сформулированными по предложениям научного сообщества, станут: изучение эффективности различных способов утепления ограждающих конструкций в разных климатических зонах; экспериментальный анализ несущей способности и долговечности 3D-печатных конструкций, включая их огнестойкость и сейсмостойкость, что позволит создать исчерпывающую научную основу для безопасного и экономически эффективного применения технологии.

Параллельно должна быть инициирована работа на уровне субъектов Российской Федерации, стран ЕАЭС и БРИКС по формированию законодательных мер поддержки, что предполагает разработку и принятие типовых регламентов и гармонизированных нормативных документов, адаптированных к местным климатическим и геологическим условиям, создание льготных режимов налогообложения для девелоперов, реализующих проекты с применением технологии аддитивного строительного производства, а также формирование механизмов ускоренной выдачи разрешений на строительство в рамках экспериментального правового режима, включения технологии в Российские региональные и

национальные стран ЕАЭС и БРИКС, программы развития и создания локальных фондов поддержки таких проектов на принципах государственно-частного партнерства.

#### 3.4 Развитие научно-исследовательской и испытательной инфраструктуры

Для обеспечения научной обоснованности и контроля качества технологии в разных регионах страны в рамках реализации программы будет развернута и оснащена сеть специализированных научно-исследовательских и испытательных центров, создаваемых, в том числе, на базе ведущих профильных вузов в ключевых климатических зонах и пилотных регионах. Данная сеть будет включать координирующий Центральный узел на базе Центра исследований аддитивных технологий (3D-печати) в строительстве нового кампуса НИУ МГСУ (г. Москва) и региональные центры в разных субъектах РФ, каждый из которых будет специализироваться на исследованиях в специфических условиях (высокая влажность, вечная мерзлота, континентальный климат и т.д.). Функционал центров охватит полный цикл от разработки и испытаний материалов до сертификации, экспертизы проектной документации и полевого контроля качества, формируя единую систему научно-технического сопровождения.

#### 3.5 Подготовка кадров

Одновременно будет запущена комплексная программа кадрового и информационного обеспечения, нацеленная на подготовку первых высококвалифицированных специалистов через создание специализированных образовательных программ в вузах и ссузах, а также курсов переподготовки участников СВО, получивших практические навыки и умения управления сложными роботизированными комплексами и БПЛА. Предварительное содержание образовательных программ с учетом квалификационных требований к специалистам, заложенным в проект ГОСТ Р «Общие требования к организации, производству и контролю выполнения работ с использованием технологии аддитивного строительного производства на строительной площадке»:

– Квалификация «Инженер-конструктор» (высшее образование): подготовка инженерных кадров, обладающих комплексными знаниями и практическими навыками для проектирования строительных конструкций, возводимых методом аддитивного строительного производства. Выпускники должны владеть принципами проектирования, учитывающими специфику послойной печати бетоном, включая особенности геометрии, работы материалов и формирования узлов сопряжения. В область компетенций специалистов должна входить разработка цифровых моделей конструкций в среде информационного моделирования, адаптация проектных решений под технологические ограничения и возможности строительной 3D-печати, а также оптимизация форм и сечений с использованием методов топологической оптимизации для создания эффективных конструктивных решений. Специалист должен уметь выполнять расчеты несущей способности и деформативности напечатанных элементов с учетом действующих нормативных требований, а также разрабатывать решения по армированию, включая интеграцию традиционной арматуры, использование дисперсного армирования фиброй и применение гибридных технологий.

– Квалификация «Инженер-технолог» (высшее образование): подготовка инженерных кадров, обладающих комплексными знаниями и практическими навыками для

технологического обеспечения полного жизненного цикла аддитивного строительного производства. Выпускники должны владеть основами материаловедения, ориентированного на специфику составления и применения строительных смесей для 3D-печати, включая глубокое понимание их реологических свойств и особенностей формирования структурно-механических характеристик в процессе твердения с учетом технологии экструзии. В область компетенций инженера-технолога входит проведение полной технологической подготовки производства, начиная с подбора и адаптации рецептур строительных смесей под конкретные задачи проекта и условия строительной площадки, и заканчивая разработкой детальных технологических карт, регламентирующих состав, последовательность и режимы выполнения всех операций. Критически важным является умение работать с цифровыми моделями конструкций, преобразовывая их в управляющие программы для строительных 3D-принтеров, что включает в себя слайсинг, генерацию G-кода, установление оптимальных параметров экструзии и траекторий движения печатающей головки, а также проведение виртуального моделирования для выявления и устранения потенциальных коллизий и технологических рисков до начала реального производства работ. Специалист должен организовывать строительное производство в полном соответствии с действующими стандартами, что включает в себя контроль готовности площадки, исправности оборудования, качества материалов и проведения операционного контроля на всех этапах печати. Инженер-технолог несет ответственность за настройку и калибровку технологического оборудования, определение режимов постобработки конструкций и обеспечение системы входного, операционного и приемочного контроля качества, фиксируя все параметры и результаты в установленной исполнительной документации.

– Квалификация «Оператор строительного 3D-принтера» (среднее специальное образование): предполагает подготовку специалистов, обладающих комплексом практических навыков и технических знаний, необходимых для обеспечения непрерывного и качественного процесса строительной печати в условиях строительной площадки. Выпускники должны владеть практическими навыками выполнения операций управления работой строительного 3D-принтера и сопутствующего технологического оборудования, включая проведение его предпускового осмотра, выполнение процедур калибровки систем позиционирования и экструдера, а также мониторинг рабочих параметров в процессе печати. В область непосредственных обязанностей специалиста входит подготовка основания и строительной площадки к началу работ, запуск и контроль подачи строительной смеси, оперативное реагирование на изменения в процессе экструзии и формировании слоев, включая идентификацию таких дефектов, как расслоение, нарушение геометрии или засорение сопла, и выполнение мероприятий по их устранению в рамках регламента. Критически важным является умение читать технологические карты, понимать принципы работы управляющих программ и оперативно вносить в них разрешенные корректировки, а также проводить текущее техническое обслуживание оборудования, заключающееся в чистке узлов, замене расходных материалов и проведении плановых смазочных работ. Его работа требует понимания основ механики и гидравлики, а также строгого соблюдения норм охраны труда и промышленной безопасности.

– Квалификация «Мастер по аддитивному строительству» (среднее специальное образование, либо высшее образование): предполагает подготовку специалистов, обладающих комплексными организационно-техническими компетенциями для координации работ на строительной площадке при возведении объектов методом аддитивного строительного производства. Выпускники должны в полной мере владеть практическими навыками чтения проектной и рабочей документации, адаптированной под специфику строительной 3D-печати, и способностью трансформировать ее требования в конкретные технологические процессы. В зону ответственности входит организация строительного производства в соответствии с утвержденным проектом производства работ, что включает в себя оперативное планирование заданий для звена операторов, координацию работы смежных служб, занятых приготовлением и подачей строительных смесей, и обеспечение бесперебойной работы всего технологического комплекса. Критически важным является умение проводить основные виды контроля качества – от входного контроля поступающих материалов до операционного контроля параметров печати и геометрии возводимых конструкций, фиксируя результаты в установленной исполнительной документации. Мастер должен обладать практическими знаниями технологии аддитивного строительства, позволяющими ему оценивать технологичность проектных решений, оптимизировать последовательность операций и самостоятельно разрешать большую часть технологических проблем, возникающих в процессе печати.

### 3.6 Формирование устойчивого заказа и общественного запроса

Ключевой практической задачей, обеспечивающей переход от экспериментального к промышленному этапу развития технологии, является трансформация имеющегося запроса на роботизацию в устойчивый спрос на аддитивные строительные технологии. В рамках реализации программы будут выстроены эффективные механизмы государственного заказа через целевые программы и механизмы государственно-частного партнерства, которые обеспечат необходимый объем работ для отработки технологических регламентов, логистики и экономики масштаба.

Конкретным механизмом обеспечения данного объема станет интеграция аддитивного строительства в существующие и вновь формируемые государственные программы строительства социальной и жилищной инфраструктуры. В частности, планируется закрепить в рамках национальных проектов «Жилье и городская среда», «Демография», «Образование» и «Здравоохранение» квоты или отдельные подпрограммы, предусматривающие возведение объектов с применением аддитивного строительного производства. Это может выражаться в обязательном включении в региональные адресные инвестиционные программы пилотных проектов по строительству социальных объектов, включая фельдшерско-акушерские пункты в сельской местности, модульные детские сады в районах комплексной жилой застройки, общежития для студентов и вахтовиков, а также объекты для переселения граждан из аварийного жилья в рамках соответствующей госпрограммы. В региональные программы могут быть включены объекты туристической инфраструктуры (глэмпинги, МАФы и т.д.), в том числе формирующие облик региона. Такая диверсификация типов объектов позволит протестировать эффективность технологии на широком спектре функциональных задач.

Важнейшим источником заказа может стать обеспечение служебным и подведомственным жильем отдельных категорий государственных служащих, военнослужащих и работников бюджетной сферы в труднодоступных и стратегически важных регионах, таких как Арктическая зона, Дальний Восток и приграничные территории. Строительство поселков или микрорайонов с использованием технологии аддитивного строительного производства для этих целей позволит реализовать серийные проекты, что важно для снижения удельной стоимости и формирования комплексных строительно-логистических кластеров непосредственно в регионах присутствия. Параллельно возможно внедрение системы льготного проект-финансирования и субсидирования процентных ставок для частных девелоперов, которые берут на себя обязательства по печати многоквартирных или блокированных домов в рамках проектов комплексного развития территорий, при условии соблюдения установленных стоимостных и временных нормативов.

Для формирования массового общественного запроса и снятия социально-психологических барьеров требуется проведение масштабной информационной и просветительской кампании, выходящей за рамки профессионального сообщества. Необходима организация постоянно действующих демонстрационных площадок и «умных» микрорайонов в крупных городах, открытых для посещения, где граждане смогут оценить надежность, эстетику, комфорт и надежность напечатанных домов. Следует создать и поддерживать открытый цифровой реестр (публичную карту) созданных в рамках Программы объектов с технико-экономическими показателями и отзывами жильцов и других потребителей инфраструктуры, обеспечив прозрачность и накопление социального опыта. Помимо этого, ключевым направлением должно стать активное вовлечение в коммуникацию профессиональных сообществ – архитекторов, дизайнеров, экологов и т.д. через проведение всероссийских конкурсов на лучшие проекты 3D-печатного жилья и общественных пространств, результаты которых будут получать приоритет при реализации в пилотных регионах.

3.7 Перспективы развития отрасли на период до 2036 года будет включать переход от пилотных проектов к серийному типовому строительству; фокус на экономике за счет снижения себестоимости, развитие лизинга оборудования для МСП; интеграцию с другими высокотехнологичными секторами (умный город, энергоэффективные материалы); развитие экспорта технологий как формы технологического влияния.

#### **4. Ключевые показатели эффективности Программы (KPI)**

##### **4.1 На период до 2030 года:**

- Разработка и утверждение не менее 5 (пяти) национальных стандартов в области аддитивного строительного производства.
- Разработка и утверждение свода правил (СП) на проектирование объектов, возводимых с применением технологии аддитивного строительного производства.
- Создание и ввод в эксплуатацию не менее 8 (восьми) Региональных центров роботизации строительства (РЦРС) в различных федеральных округах.
- Создание и аккредитация не менее 4 региональных научно-исследовательских и испытательных центров на базе ведущих вузов.

- Проведение не менее 20 НИОКР по приоритетным направлениям, обеспечивающим технологическое лидерство в развитии применения аддитивного строительного производства и формирование эффективной нормативно-технической базы в данной области.
- Создание не менее 10 (десяти) пилотных зон застройки в различных федеральных округах и климатических зонах РФ.
- Реализация не менее 50 (пятидесяти) типовых пилотных проектов различных классов (ИЖС, МКД, социальные объекты) в пилотных зонах.
- Запуск не менее 5 (пяти) специализированных образовательных программ высшего и среднего профессионального образования по АСП.
- Прием на обучение не менее 500 абитуриентов для подготовки квалифицированных специалистов для отрасли аддитивного строительного производства (инженеры-конструкторы, технологи, операторы, мастера).
- Совокупный ввод в эксплуатацию не менее 1 000 000 (одного миллиона) квадратных метров жилых и социальных объектов, построенных с использованием технологии аддитивного строительного производства.
- Обеспечение доли отечественных технологий, материалов и оборудования в реализованных в рамках Программы проектах до 100%.
- Создание и поддержание публичного реестра (карты) объектов АСП, включающего 100% построенных в рамках Программы объектов.
- Проведение не менее 3 (трех) всероссийских конкурсов проектов в области АСП с последующей реализацией проектов-победителей.

#### 4.2 Стратегические ориентиры развития отрасли (на период до 2036 года):

*(эти показатели носят прогнозный характер и должны быть детализованы в последующих программах)*

- Доведение ежегодного объема ввода объектов с использованием АСП до не менее 6 млн кв. м в год.
- Достижение экономической эффективности: снижение стоимости строительства на 15-20% по сравнению со средней стоимостью традиционных технологий (на примере типовых объектов ИЖС).
- Формирование устойчивого экспортного потенциала: выход на рынки дружественных стран с комплексными решениями (оборудование и технологии).
- Доведение доли жилья, построенного с использованием элементов аддитивного строительного производства, в общем объеме ИЖС и малоэтажного строительства до 10%.

### 5. Экономическое обеспечение реализации Программы

Реализация масштабной программы технологической трансформации строительной отрасли требует комплексного финансового планирования, сочетающего средства федерального бюджета, региональных бюджетов и внебюджетных источников. Финансовые параметры Программы рассчитаны исходя из целевого показателя ввода 1 миллиона

квадратных метров объектов, а также затрат на создание необходимой научной, нормативной и инфраструктурной базы.

#### 5.1 Структура затрат и принципы ценообразования

Общий объем финансовых ресурсов, необходимых для реализации Программы в период до 2030 года, складывается из двух основных компонентов:

– Капитальные и операционные затраты на создание инфраструктуры и обеспечение деятельности: НИОКР, нормативно-техническое регулирование, создание и оснащение сети РЦРС, научно-исследовательских и испытательных центров, подготовка кадров, информационное сопровождение.

– Прямые инвестиции в строительство объектов «миллиона квадратных метров».

В целях обеспечения экономической устойчивости зарождающейся отрасли и создания условий для реинвестирования прибыли в развитие технологий, на первом этапе (до 2030 г.) применяется принцип стабильного индексируемого ценообразования. Средняя расчетная стоимость возведения объектов с применением АСП (включая общестроительные и инженерные сети без финишной чистовой отделки) принимается на уровне не менее 95 000 рублей за квадратный метр в ценах 2025 года с ежегодной индексацией на прогнозируемый уровень инфляции. Данный подход позволяет предприятиям-интеграторам и производителям оборудования сформировать устойчивую финансовую модель, покрыть высокие первоначальные издержки освоения технологии и направить средства на разработку технологии и расширение производства. Задача снижения удельной стоимости по сравнению с традиционными методами ставится в качестве ключевого ориентира на последующем этапе коммерческого масштабирования технологии после 2030 года.

#### 5.2 Оценка объема и источников финансирования

##### 5.2.1 Финансирование инфраструктурной и обеспечивающей части Программы:

Основной источник: федеральный бюджет в рамках отдельных мероприятий национальных проектов, государственных программ и государственного задания Минстроя России.

##### 5.2.2 Финансирование строительства объектов «демонстрационного миллиона квадратных метров»:

Основные источники:

– Региональные бюджеты: через адресные инвестиционные программы, программы расселения аварийного жилья, строительства социальных объектов.

– Внебюджетные источники: средства частных девелоперов, привлеченные через механизмы льготного проект-финансирования, отраслевых институтов развития, а также средства компаний-участников Программы (интеграторов, производителей оборудования).

Федеральный бюджет (адресные субсидии и ГЧП): прямое субсидирование части процентной ставки по кредитам на проекты с использованием технологии аддитивного строительного производства, взнос в уставный капитал или предоставление гарантий для проектов ГЧП в стратегических регионах.

5.2.3 Общий объем и структура финансирования Программы из конкретных на период источников до 2030 года требует дополнительной проработки и межведомственного согласования.

### 5.3 Механизмы стимулирования инвестиций

Для активизации внебюджетного финансирования планируется использование следующих инструментов:

– Специальные инвестиционные контракты для производителей отечественного оборудования и материалов для аддитивного строительного производства.

– Льготные кредитные линии от институтов развития для девелоперов, реализующих проекты с долей аддитивного строительного производства в сметной стоимости проекта не менее 30%.

– Региональные налоговые льготы (освобождение от налога на имущество и землю на 3-5 лет для РЦРС и производств, связанных с аддитивным строительным производством).

– Технологическая и ценовая преференция в рамках государственных и муниципальных закупок на строительство для решений, использующих отечественные технологии АСП.

Финансовая модель Программы обеспечивает распределение рисков и ответственности между государством и бизнесом, делает программу инвестиционно-привлекательной и создает условия для формирования самоподдерживаемой отрасли аддитивного строительного производства.

*Примечание: настоящий материал представляет собой аналитическую разработку (концептуальный проект), цель которой – предложить общие параметры для профессионального обсуждения возможных мер и механизмов государственной поддержки развития отрасли аддитивного строительного производства в России. Разработка полноценного проекта государственной программы с учетом разработанной концепции требует детального экономического и правового обоснования в установленном законодательством порядке и относится к компетенции уполномоченных ФОИВ.*



электронная версия отчета