

Обзорная статья

УДК 332.8

DOI: 10.47475/1994-2796-2025-506-12-196-207

МИРОВОЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Ирина Анатольевна Иваненко^{1✉}, Татьяна Николаевна Скоробогатова²,
Виктор Васильевич Чепурко³

¹ Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, Симферополь, Россия, i.ivanenko@kipu-rc.ru, 0009-0000-0412-6514

² Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, Симферополь, Россия, stn57@mail.ru, 0000-0002-3493-4480

³ Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, Симферополь, Россия, czeperko@mail.ru, 0009-0005-9443-3708

Аннотация. Исследование посвящено анализу специфики и выявлению перспектив применения цифровых технологий в строительной отрасли в России и мире. Актуальность темы обусловлена тем, что мировая строительная отрасль является крупнейшей отраслью экономики: на нее приходится 13 % мирового ВВП, а совокупный объем мирового строительного рынка составляет 11,39 трлн. долл.; при этом ожидается, что среднегодовой темп роста отрасли достигнет 5,5 % в ближайшие пять лет (см. The Next Normal in Construction // McKinsey & Company. 2023). Драйверами развития данного рынка выступают рост численности населения планеты, прогрессирующая урбанизация, а также повышение качества жизни и государственная поддержка. В отдельных странах мира цифровизация строительства протекает в различных направлениях, в разном темпе, дифференцированы меры её государственной поддержки, что указывает на необходимость обобщения накопленного опыта и определения вариантов его применения российскими компаниями. В статье представлены государственные подходы к активизации цифровизации строительной отрасли в различных странах мира, в частности в США, Сингапуре, КНР и Российской Федерации. Установлено, что государственная поддержка и регламентация использования информационного моделирования зданий является одним из важнейших инструментов развития отрасли в эпоху цифровизации. Научная значимость полученных результатов состоит в том, что определены основные направления трансформации мировой строительной отрасли под влиянием цифровизации, в том числе: своевременные поставки строительных материалов; повышение безопасности и снижение рисков; применение цифровых технологий для управления трудоемкими изменениями; обеспечение более высокой точности цифровых данных в сравнении с традиционными. Предложены варианты использования искусственного интеллекта для создания стоимости инжиниринговыми и строительными компаниями, выявлены сдерживающие факторы цифровизации отечественного строительства, а также обозначены задачи цифровизации российских предприятий строительной отрасли на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, информационное моделирование зданий, искусственный интеллект, мировая строительная отрасль, нормативно-правовое регулирование, инжиниринговые и строительные компании

Для цитирования: Иваненко И. А., Скоробогатова Т. Н., Чепурко В. В. Мировой опыт цифровизации строительства и возможности его использования в России // Вестник Челябинского государственного университета. 2025. № 12 (506). С. 196–207. DOI: 10.47475/1994-2796-2025-506-12-196-207

Original article

WORLD EXPERIENCE IN DIGITALIZATION OF CONSTRUCTION AND POSSIBILITIES OF ITS USE IN RUSSIA

Irina A. Ivanenko^{1✉}, Tatyana N. Skorobogatova², Viktor V. Chepurko³

¹Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Russia, i.ivanenko@kipu-rc.ru, 0009-0000-0412-6514

²Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Russia, stn57@mail.ru, 0000-0002-3493-4480

³Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Russia, czeperuko@mail.ru, 0009-0005-9443-3708

Abstract. The study analyzes the specifics and identifies prospects for the application of digital technologies in the construction industry in Russia and globally. The topic is relevant given that the global construction industry is the largest sector of the economy, accounting for 13% of global GDP and a total market size of \$11.39 trillion. The average annual growth rate of the industry is expected to reach 5.5% over the next five years. The drivers of this market's development are the world's growing population, progressive urbanization, improving quality of life, and government support. Digitalization of construction is progressing in different directions and at different rates in individual countries, with differentiated government support measures. This indicates the need to summarize accumulated experience and identify options for its application by Russian companies. The article presents government approaches to activating digitalization in the construction industry in various countries, particularly in the United States, Singapore, China, and the Russian Federation. It has been established that government support and regulation of the use of building information modeling is one of the most important tools for the industry's development in the digital age. The scientific significance of the obtained results lies in the identification of key areas of transformation in the global construction industry under the influence of digitalization, including: appropriate delivery of construction materials; refining safety and minimizing risks; practice digital technologies to succeed labor-intensive changes; warranting higher correctness of digital data in comparison to old-style methods. Options for implementation artificial intelligence to increase value for engineering and construction companies are proposed, constraints to the digitalization of domestic construction are identified, and the digitalization tasks for Russian construction companies in the near future are outlined.

Keywords: digital transformation, digitalization, building information modeling, artificial intelligence, global construction industry, regulatory frameworks, engineering and construction companies

For citation: Ivanenko IA, Skorobogatova TN, Chepurko VV. World Experience in Digitalization of Construction and Possibilities of Its Use in Russia. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2025;(12(506):196-207. DOI: 10.47475/1994-2796-2025-506-12-196-207

Введение

За последние несколько десятилетий цифровизация преобразовала многие отрасли экономики, включая строительство. Внедрение новых технологий и цифровых инструментов произвело революцию в способах планирования, проектирования, строительства и управления строительными проектами.

Статистические данные свидетельствуют, что мировая строительная отрасль ежегодно растет и развивается как в количественном, так и в качественном отношении. Так, по итогам 2023 года отмечено увеличение номинальной добавленной стоимости в отрасли на 7 %, а номинального валового выпуска — на 6% по сравнению с 2022 годом. По итогам 2024 года в строительной отрасли было произведено около 13% мирового валового внутреннего продукта (ВВП). Мировой строительный рынок характеризуется огромными масштабами (11,39 трлн. долл. США в 2024 г.) и довольно активным темпом роста, что, по оценкам специалистов, позволит ему достичь объема в 16,11 трлн. долл. к 2030 году¹.

Повышательная динамика строительства связана с тем, что спрос на жилые и нежилые объекты, а также инфраструктуру постоянно растет. В свою очередь спрос зависит от численности населения мира и его покупательной способности. И то, и то продолжает увеличиваться, хоть и неравномерно по отдельным странам и регионам².

Строительная отрасль переживает волну цифровой трансформации. Развитие таких технологий, как цифровые двойники, BIM, облачные технологии и другие ключевые инновации, обещают полностью революционизировать отрасль, открывая эпоху строительных рабочих процессов, характеризующихся повышенной эффективностью и безопасностью, а также более высокой прозрачностью и рентабельностью инвестиций. Строительная отрасль традиционно является аналоговой, но ориентированные на будущее строительные и инженеринговые компании активно пользуются преимуществами цифровых технологий, что вызывает тектонические сдвиги в отрасли.

¹ Deloitte: Global Powers of Construction — GPoC 2022 // Deloitte. 2023. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/presse/at-deloitte-global-powers-of-construction-2023.pdf> (date of access: 10.05.2024).

² Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 31.07.2025) // Консультант-Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 10.11.2025).

Обзор литературы

Изучению зарубежного опыта применения современных информационных технологий посвятили свои статьи М.С. Золотухина и В. Талапов. Так, компаративный анализ технологии информационного моделирования в градостроительной деятельности в РФ и КНР, проведенный М. С. Золотухиной, показал, что российские компании значительно отстают от китайских [3, с. 47], что является серьезной угрозой для международной конкурентоспособности первых. В. Талапов проследил опыт внедрения BIM-технологий в Сингапуре как один из наиболее показательных примеров в мировом строительстве [10]. И. В. Мальцевич проанализировал особенности и направления применения цифровых технологий в Республике Беларусь и акцентировал внимание на том, что «...цифровые технологии и новые материалы являются инструментами, способствующими ускорению роста производительности труда» [7, с. 58]

Коллектив российских ученых (А. Б. Моттаева, В. Л. Кашинцева, И. А. Кубрак) акцентируют внимание на актуальных тенденциях цифровой трансформации российской строительной отрасли, среди которых фигурируют применение интеллектуального строительства и систем на всех стадиях возведения и последующей эксплуатации зданий, а также внедрение цифровой архитектуры [8, с. 100–102]. В своих исследованиях российские ученые И. В. Игнатьева, В. Ю. Шаранина [4, с. 727–728], а также И. Н. Горбова, Р. Р. Аванесова, М. М. Мусаев [1, с. 48–49] систематизировали наиболее весомые вызовы цифровизации строительной отрасли для Российской Федерации, среди которых авторы выделяют такие: дефицит и высокая стоимость программного обеспечения, необходимого для проектных, инженерных и строительных работ вследствие ухода с рынка зарубежных разработчиков, нехватка квалифицированных специалистов в цифровой сфере, низкий уровень использования цифровых технологий отдельными строительными и инжиниринговыми компаниями, их инерционность и незаинтересованность в инновациях, недостаточный уровень взаимодействия различных информационных систем в строительстве, активизация индивидуального жилищного строительства с низким уровнем цифровизации. На перспективы применения BIM-технологий в управлении строительными проектами в Российской Федерации указывает П. В. Кандрашкин [5, с. 31]. При этом К. В. Козак, О. И. Светлова отмечают, что «...несмотря на настоящую и в последствие нарастающую актуальность технологии информацион-

но моделирования (BIM) в строительстве, ее внедрение в процессы организаций до сих пор остается дорогостоящим и трудозатратным» [6, с. 19]. Авторы видят развитие строительной отрасли РФ через призму внедрение интернета вещей, беспилотных летательных аппаратов, облачных технологий, нейросетей и искусственного интеллекта, а также технологий виртуальной, дополненной реальности и аддитивных технологии [6, с. 20–23]. Д. С. Григорьев исследовал влияние цифровизации строительной отрасли на уровень ее экономической безопасности: автор оценил это влияние как позитивное, поскольку цифровизация способствует улучшению ряда показателей, в частности: рост скорости коммуникации между персоналом, улучшение степени контроля за закупками и производимыми работами, рост эффективности бизнес-процессов [2, с. 340].

Анализ показал, что основными источниками информации российских ученых-экономистов, изучающих инновационное развитие строительной отрасли в условиях цифровизации, выступают, как правило, зарубежные источники, среди которых отчетность консалтинговых и исследовательских организаций или фрагментарные данные крупнейших отечественных застройщиков. Цифровые технологии начали использоваться российскими строительными компаниями относительно недавно, следовательно, пока не накоплен достаточный объем фактологического материала по данной теме.

Методология исследования основана на использовании данных консалтинговых и исследовательских организаций таких как Deloitte, McKinsey, National Institute of Building Sciences, Next Move Strategy Consulting, данных Европейского строительного саммита, нормативно-правовой базы РФ, научных публикаций. Применялись методы структурного и сравнительного анализа, синтеза, систематизации, а также логический, табличный, графический методы.

Цель работы заключается в систематизации направлений трансформации мировой строительной отрасли под влиянием цифровизации и разработке на этой основе рекомендаций по использованию современных цифровых технологий для российских инжиниринговых и строительных компаний.

Результаты и обсуждение

Цифровая трансформация строительной отрасли и внедрение информационного моделирования зданий (англ. Building Information Modeling, BIM) произвели революцию в строительном секторе за счет внедрения передовых технологий для повы-

шения эффективности, точности и сотрудничества в различных проектах.

BIM, сложный инструмент 3D-моделирования, позволяет заинтересованным сторонам создавать и контролировать цифровые представления структур и инфраструктуры, способствуя улучшению координации и коммуникации между проектными командами.

Лидерами по внедрению BIM-технологий в мире являются США, Сингапур, Австралия, Канада, Великобритания, Германия, Китай. Вместе с тем, сложно однозначно назвать, какая именно страна больше других преуспела во внедрении информационных технологий в строительстве, поскольку этот уровень зависит от различных детерминант, в частности, государственного регулирования, концентрации бизнеса в строительной отрасли, качества трудовых ресурсов, уровня развития смежных отраслей.

В сентябре 2022 года Национальный институт строительных наук (National Institute of Building Sciences, NIBS) запустил Национальную программу управления информацией о зданиях (BIM) США, нацеленную на трансформацию строительной отрасли и повышение степени производственной эффективности за счет применения цифровых технологий. «Программа направлена на решение проблемы низкого уровня цифровизации в строительной отрасли США, который не позволяет ей преобразовать рабочие процессы жизненного цикла, чтобы сделать их более эффективными, менее затратными, более устойчивыми и безопасными в строительстве и обслуживании»¹.

В Сингапуре цифровизации строительной отрасли способствует действующий с 2010 года Фонд строительной продуктивности и способности (Construction Productivity and Capability Fund, CPCF), который предоставляет возмещение половины расходов на приобретение компьютерной техники, программного обеспечения, обучение кадров, оплату консультаций специалистов компаниям, которые внедряют BIM. Статистические данные свидетельствуют о росте масштаба деятельности фонда: в 2010 году объем средств был равен 6 млн сингапурских долл., а в 2015 год — 450 млн сингапурских долларов. Финансирование фонда осуществляется за счет средств государственного бюджета Сингапура [4, с. 730]. Право на участие имеют подрядчики, специализированные

подрядчики или субподрядчики, зарегистрированные и работающие в Сингапуре. Благодаря усилиям правительства (дорожную карту по BIM, создание интернет-портала «BIM-справочник по Сингапуру», деятельность CPCF, проект CORENET по автоматической экспертизе проектов, «многоплатформенный» подход к программному обеспечению) еще в 2015 году 100 % проектных организаций перешли на технологию информационного моделирования зданий, а у строителей этот показатель поднялся до 70 % [10].

В Китайской Народной Республике пристальное внимание BIM уделяется, начиная с 2011 года. Так, в указанном году проект развития информационного моделирования в строительстве под названием «Первый год BIM в Китае» был обозначен как приоритетный национальный проект в составе двенадцатого пятилетнего плана развития науки и технологий в стране. На протяжении последующих десяти лет в КНР разрабатывались национальные и региональные политики и стандарты, направленные на внедрение BIM в градостроительство. При этом региональное покрытие технологиями BIM крайне неравномерно и сосредоточено преимущественно в крупных городах, таких как Шанхай, Пекин, Чунцин, Гуанчжоу, Ухань, где применение этих технологий в государственных проектах составляет около 85 %, в то время как в остальных городах — не превышает 50 %. «Северные и восточные провинции Китая, находящиеся вблизи административного (Пекин) и экономического (Шанхай) центров страны, опубликовали больше политик и стандартов по BIM по сравнению с другими регионами; это обстоятельство связано с высокой степенью развития этих территорий и их активной ролью в реализации градостроительных проектов» [3, с. 44].

В Российской Федерации, в отличие от КНР, переход к цифровизации строительной отрасли начался гораздо позже: только в 2019 года, когда в Градостроительный кодекс Российской Федерации был введен термин «информационная модель объекта капитального строительства»². Согласно документа, «информационная модель объекта капитального строительства — это совокупность

¹ U.S. National Building Information Management (BIM) Program // National Institute of Building Sciences official web-site. URL: <https://clck.ru/3Qg7Tw> (date of access: 10.11.2025).

² Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» от 27.06.2019 N 151-ФЗ (последняя редакция) // Консультант-Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_327710/ (дата обращения: 10.11.2025).

взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта,

Таблица 1
Table 1

Нормативно-правовые основы цифровизации строительной отрасли Российской Федерации
Regulatory framework for digitalization of the construction industry in the Russian Federation

Нормативно-правовой акт	Суть регулирования
Градостроительный кодекс РФ (изменения, внесенные Федеральным законом от 27.06.2019 № 151-ФЗ)	Введены в оборот термины «информационная модель объекта капитального строительства», «классификатор строительной информации»; регламентированы состав, правила создания и ведения информационной модели строительного объекта.
Постановление Правительства РФ №1416 от 12 сентября 2020 г.	Закреплены правила создания и администрирования классификатора строительной информации (КСИ) под руководством Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства России.
Постановление Правительства РФ № 331 от 05 марта 2021 года	Оговорены ситуации, когда обязательно создание информационной модели объекта является обязательным.
Постановление Правительства РФ №1431 от 28 июля 2022 года	Закреплена необходимость создания информационной модели (ВИМ) для возведения всех строительных объектов за счет бюджетных средств.
Постановление Правительства РФ №2357 от 20 декабря 2022 года.	Зафиксировало необходимость ведения информационной модели для объектов, проектная документация и инженерные изыскания которых подлежат экспертизе.
Постановление Правительства РФ № 614 от 17 мая 2024 года	Закреплены правила создания и ведения информационной модели: обязательства возлагаются на застройщика, технического заказчика и прочие сопричастные лица.
Распоряжение Правительства РФ №3719-р от 20.12.2021 г.	Утверждена «дорожная карта» внедрения технологий информационного моделирования в проектно-конструкторские и строительные работы.
Распоряжение Правительства РФ №3883-р от 27.12.2021 г.	Зафиксированы стратегические направления цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 года.
Распоряжение Правительства РФ №3268-р от 31.10.2022 г.	Утверждена Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г., в которой значительная роль отводится цифровизации отрасли как движущая сила ее развития и повышения конкурентоспособности.
ГОСТ Р 58721–2019 «Здания и сооружения. Информационное моделирование. Основные положения».	Заложены фундамент для применения ВИМ-моделей, уточнена терминология, конкретизирована структура цифровых моделей, требования к степени детализации и принципы взаимодействия участников.
Методические рекомендации по информационной модели объекта капитального строительства (ФАУ «Главгосэкспертиза России»).	Зафиксирована структура, атрибуты, характеристики и параметры цифровой модели строительства, степень ее детализации и наличие метаданных.

Источник: составлено авторами¹.

¹ Составлено авторами по данным: Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 31.07.2025) // Консультант-Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 10.11.2025).

Егорова В. Основные документы по цифровизации строительной отрасли // ЦУС Академия. 26.10.2023. URL: <https://academy.tsus.ru/20-osnovnyh-dokumentov-po-cifrovizaczii-stroitelnoj-otrasli/> (дата обращения: 10.11.2025).

Кандрашкин П. В. Перспективы применения ВИМ-технологий в управлении строительными проектами в Российской Федерации // Инновационная наука. 2023. №6-2. С. 28-31. (С.30).

Мотгаева А. Б., Кашинцева В. Л., Кубрак И. А. Актуальные тренды цифровой трансформации строительной отрасли России // Вестник СИБИТа. 2023. №4. С. 98–104. (С.99).

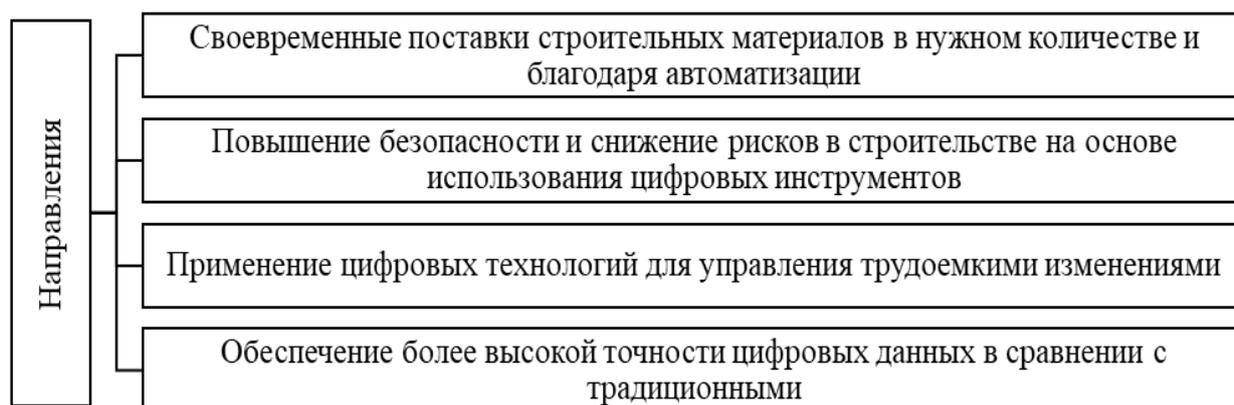


Рис.1. Направления трансформации мировой строительной отрасли под влиянием цифровизации
 Fig.1. Directions for transformation of the global construction industry under the influence of digitalization

Источник: составлено авторами.

эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства»¹. Развитие BIM-моделирования в Российской Федерации активно поддерживается грантами, в частности, со стороны Российского фонда развития информационных технологий (РФРИТ) [5, с. 30].

Совокупность нормативно-правовых актов, регулирующих применение цифровых технологий в строительстве, систематизирована в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в Российской Федерации за последние 5 лет принято большое количество нормативно-правовых документов относительно цифровизации строительства, некоторые из которых дополняют и уточняют друг друга, что может создавать некоторую путаницу и осложнять деятельность инжиниринговых и строительных компаний.

Как утверждают А. Б. Могтаева, В. Л. Кашинцева, И. А. Кубрак, «учитывая, что плановый период перехода отрасли на цифровое строительство в среднем составляет приблизительно от 5 до 8 лет, то в краткосрочной перспективе планируется применение следующих этапов» [8, с. 100] по актуализации законодательной базы: 1) утвердить и согласовать российскую систему ГЭСН в BIM; 2) снизить требования к цифровой модели до минимально необходимых; 3) объединить и унифицировать требования госэкспертиз; 4) упростить законодательные требования для беспилотных летательных аппаратов для применения в строительстве; 5) предложить гибкий подход к установлению цен для BIM [8, с. 100]. В качестве эффектов от внедрения цифрового проектирования Е. А. Сулимова

¹ Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 31.07.2025) // Консультант-Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 10.11.2025).

видит сокращение расходов и сроков возведения объектов за счет бюджетных средств до 20% в течение временного диапазона с 2021 до 2026 гг., а сокращение сроков с момента принятия решения о строительстве до сдачи готового здания в эксплуатацию оценивает в пределах 30 % [9, с. 91–92].

Таким образом, основная задача государства — создать благоприятные условия для цифровизации строительной отрасли, сформулировать понятные и справедливые «правила игры», способствовать преодолению затруднений, с которыми сталкиваются компании отрасли ввиду санкций, нарушения цепочек поставок, дефицита технологий и кадров.

Цифровизация влияет на строительную отрасль по нескольким направлениям. Цифровые технологии помогают инжиниринговым и строительными компаниями повысить свою производственную и экономическую эффективность за счет автоматизации подготовки строительных материалов, повышения безопасности труда, оптимизации управления изменениями и поддержания точности на каждом этапе жизненного цикла проекта.

Трансформация цифровой строительной отрасли под влиянием цифровизации наблюдается по таким основным направлениям, представленным на рисунке 1.

Рассмотрим направления, представленные на рисунке 1, более подробно.

1. Автоматизация обеспечивает наличие строительных материалов в нужном количестве и в требуемые сроки. Цифровизация расширяет возможности перехода от управления готовностью материалов, ориентированного на документы, к управлению готовностью материалов в цепочке строительных поставок. До перехода на цифровые технологии строительным фирмам приходи-

лось вручную отслеживать свои активы — чрезвычайно кропотливый и трудоемкий процесс.

Современные цифровые инструменты (например, Jovix) обеспечивают единый источник достоверной информации о наличии материалов, улучшая контроль расхода и обеспечивая эффективность транзакций между заинтересованными сторонами. На единой цифровой платформе сопоставляются данные о поставках из заказов на поставку, поставок и транзакций на местах с данными о расходе из материалов. Это гарантирует непрерывный процесс производства строительных работ и отсутствие простоев из-за несвоевременного подвоза материалов. В то же время автоматизация этого процесса позволяет минимизировать запасы стройматериалов на площадке и, следовательно, снизить риск их порчи или кражи.

По данным Института строительной индустрии, производительность труда в строительной отрасли может возрасти до 25 % только за счет улучшения планирования рабочей силы и интегрированных решений по подвозу стройматериалов¹.

2. Цифровые инструменты способствуют повышению безопасности и снижению рисков в строительстве. Так, технология отслеживания сотрудников может помочь выявить и предупредить сотрудников о потенциальных опасностях на работе. Это позволяет подрядчикам видеть, кто находится на строительной площадке и где они находятся, получать в режиме реального времени оповещения о потенциальных травмах или опасностях на объекте, а также быстро вызывать помощь в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Цифровые технологии также могут позволить подрядчикам собирать данные для регулирующих органов о происшествиях, связанных с безопасностью. Кроме того, цифровые технологии помогают работникам ориентироваться в местных правилах, касающихся конкретной работы: подключенные к сети работники могут получать разрешения, предупреждения и указания непосредственно на свои мобильные устройства, что обеспечивает большую скорость, прозрачность и эффективность в сравнении с традиционными (нецифровыми) инструментами.

3. Цифровизация упрощает управление трудоемкими изменениями. Цифровые инструменты обеспечивают быструю связь и сотрудничество меж-

ду различными отделами в процессе внедрения изменений, повышая их эффективность и уменьшая количество ошибок. Например, технология HxGN ^{SDx}®, которая трансформирует управление промышленными активами, объединяя данные по проектированию, эксплуатации и техническому обслуживанию в единую платформу². Ее преимуществами является то, что она позволяет пользователям собирать, систематизировать и связывать большие объемы информации об объекте, а также предоставлять доступ через Интернет всем, кто в ней нуждается. Такой уровень прозрачности каждого актива проекта обеспечивает эффективное и безошибочное управление изменениями.

4. Цифровые технологии обеспечивают более высокую точность, чем традиционные. Рабочие процессы на основе документов уязвимы к человеческим ошибкам, но цифровые инструменты обеспечивают соблюдение большого количества параметров, которые гарантируют, что вся информация в проектной документации остается точной и единообразной.

Например, когда сотрудники присваивают имена активам в аналоговых документах, при совместном их использовании может возникнуть путаница. С другой стороны, система цифровой документации гарантирует, что каждый актив будет назван правильно и будет соответствовать одним и тем же соглашениям об именах. То же самое касается внесения изменений в планы и чертежи. Используя цифровые инструменты, сотрудники не могут вносить изменения в чертеж приборов, например, без подписи. Цифровая система гарантирует, что все изменения будут одобрены необходимыми сторонами, прежде чем изменения в активе будут реализованы.

На основе анализа отраслевых отчетов ряда консалтинговых компаний, среди которых National Institute of Building Sciences, Deloitte, McKinsey и Next Move Strategy Consulting, можно утверждать, что одним из важнейших направлений цифровизации мировой строительной отрасли в ближайшее время будет выступать внедрение генеративного искусственного интеллекта (ИИ) крупными инжиниринговыми и строительными компаниями.

Компании-лидеры отрасли продолжают уделять первоочередное внимание инвестициям в технологии, стремясь к повышению эффективности,

¹ How Digitalization is Reshaping the Construction Industry // Hexagon. URL: <https://aliresources.hexagon.com/procurement-fabrication-construction/how-digitalization-is-reshaping-the-construction-industry> (date of access: 10.11.2025).

² How Digitalization is Reshaping the Construction Industry // Hexagon. URL: <https://aliresources.hexagon.com/procurement-fabrication-construction/how-digitalization-is-reshaping-the-construction-industry> (date of access: 10.11.2025).

чтобы смягчить текущие проблемы с рабочей силой, затратами и цепочками поставок. Как утверждают К. В. Козак, О. И. Светлова, «...внедрение ИИ открывает новые горизонты в инвестиционно-строительном процессе, обеспечивая повышение эффективности. Благодаря данной технологии строительные организации способны высокотехнологично и менее энергозатратно анализировать количество и стоимость материальных ресурсов, контролировать качество работ, снижать риски и обеспечивать безопасность на строительной площадке, а также создавать цифровых двойников» [6, с. 21]. Цифровой двойник может рассматриваться как важный элемент цифровых технологий в строительстве технологий. По сути, это цифровая копия реального объекта в динамике, которая достигается благодаря передачи данных от объекта через датчики в режиме реального времени. Как отмечает И. В. Мальцевич, цифровой двойник «...предназначен для создания модели взаимодействия объекта с окружающей средой, кото-

рая фиксирует данные о материалах, особенностях конструкции, проведенных операциях, испытаниях, позволяет определять дефекты и осуществлять ремонт, прогнозировать состояние объекта и принимать решения о режимах эксплуатации в дальнейшем» [7, с. 58–59]. Соответственно, можно утверждать, что эффективность использования цифрового двойника, зависит как от объема и достоверности информации, поступающей от объекта, так и скорости ее обработки, что должно обеспечиваться за счет ИИ.

В опросе, проведенном компанией Deloitte в 2023 г., 55 % управляющих строительных предприятий по всему миру указали, что основным препятствием на пути создания ценности для бизнеса с помощью искусственного интеллекта является определение правильных вариантов его использования. Кроме того, в первую очередь инжиниринговые и строительные компании обеспокоены киберрисками, безопасностью хранения данных и отсутствием полного доверия к ИИ. Раз-

Таблица 2
Table 2

Варианты использования искусственного интеллекта для создания стоимости инжиниринговыми и строительными компаниями
Artificial intelligence use cases for value creation in engineering and construction companies

Реализация ценности	Вариант использования	Применение
1. Проектный менеджмент	Генерирование оптимальных планов застройки	Разработка плана застройки путем автоматизации аспектов дизайн-процесса
	График проекта	Оптимизация проектного графика путем анализа доступных ресурсов и различных других компонентов
	Обобщение содержания	Получение информации из технической документации и синтезирование отчета по проекту
2. Проектирование и инженерное внедрение	Эффективная система автоматизации здания	Рекомендованный дизайн эффективной и устойчивой системы автоматизации здания
	Генеративный дизайн	Создание новых 3Д дизайн-продуктов, основанных на входах и ограничениях по визуализации множественных альтернатив отдельных промышленных компонентов
	Генеративный дизайн материалов	Применение научных принципов для создания новых материалов с оптимизированными свойствами
3. Операционная эффективность	Оптимизация процессов	Организация и реорганизация проектной деятельности, базирующаяся на статусе; разработка алгоритма плана действий в форс-мажорных ситуациях.
	Смарт-обобщение исследований дронами	Обобщение большого объема данных, собранных дронами и возможность применения в разных сферах
4. Улучшенная безопасность, риск менеджмент и комплаенс	Гарантии качества	Генерирование синтетических изображений для тренажеров и превентивных алгоритмов, связанных с автоматизацией площадки и процессами проверки качества
	Обеспечение соблюдения норм	Автоматическая проверка соблюдения норм проектирования здания в сравнении с его фактическими параметрами и нормативными требованиями

Источник: составлено авторами [9].

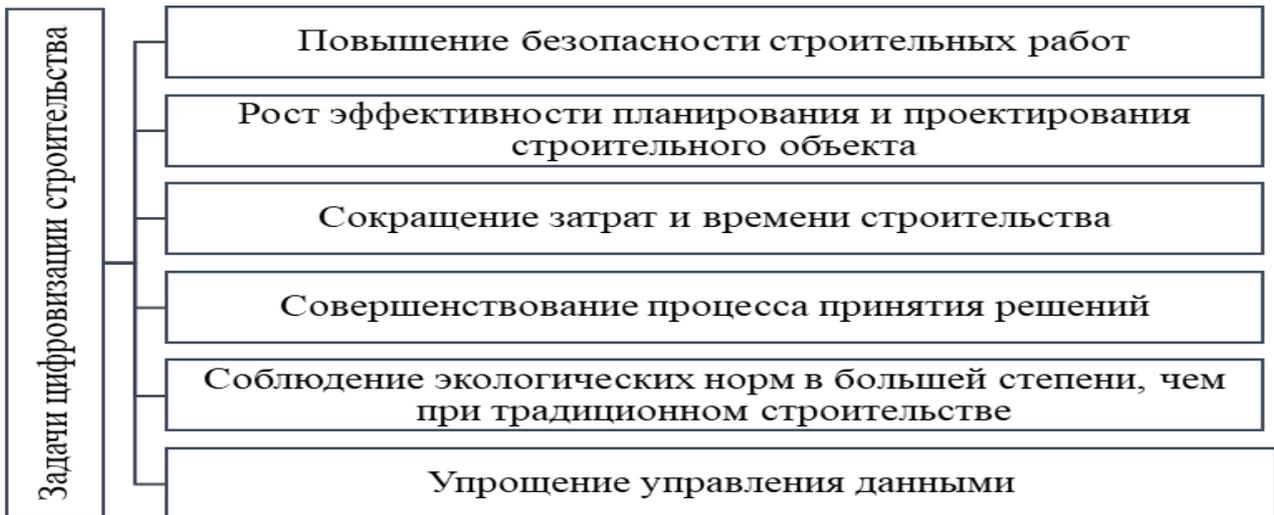


Рис. 2. Задачи цифровизации предприятий строительной отрасли

Fig.2. Tasks of digitalization of enterprises in the construction industry

Источник: составлено авторами¹.

¹ Digitization in the construction industry benefits // European Building Summit 2023. URL: <https://europeanbuildingsummit.com/en/digitization-in-the-construction-industry-benefits/> (date of access: 10.11.2025).

The impact of digital transformation in the construction industry // Maximl Co. March 7, 2022. URL: <https://maximl.com/blog/digital-transformation/the-impact-of-digital-transformation-in-the-construction-industry/> (date of access: 10.11.2025).

работка комплексных стратегий снижения рисков может помочь решить проблемы, возникающие по мере того, как компании изучают генеративные приложения ИИ¹.

В таблице 2 представлены некоторые варианты использования искусственного интеллекта, которые инжиниринговые и строительные компаниями могли бы применить в своей деятельности в ближайшей перспективе. Приведенные в таблице сценарии иллюстрируют разнообразные способы применения генеративного искусственного интеллекта на различных этапах строительства, которые могут помочь компаниям добиться таких преимуществ, как снижение затрат, повышение производительности труда и безопасности зданий, а также повышение экономической устойчивости предприятий.

Кроме того, чтобы технологические инициативы получили широкое распространение и масштабируемость, компании должны иметь сильные экосистемные альянсы и партнеров, включая, например, поставщиков техники, технологий, средств автоматизации и подрядчиков [8, с. 102].

Изучение научной литературы и опыта крупнейших строительных компаний России и мира позволило систематизировать задачи цифровизации

¹ Deloitte: Global Powers of Construction – GPoC 2022 // Deloitte. 2023. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/presse/at-deloitte-global-powers-of-construction-2023.pdf> (date of access: 10.05.2024).

предприятий строительной отрасли на ближайшую перспективу (рис. 2).

Рассмотрим задачи, систематизированные на рисунке 2, более подробно:

1. Повышение безопасности строительных работ позитивно отражается на экономической составляющей проекта, так как снижает компенсационные выплаты при наступлении несчастных случаев. Важнейшей задачей строительных предприятий является обеспечение безопасности работников, сокращение травматизма и несчастных случаев на производстве. Эти задачи успешно можно решить при помощи современных цифровых технологий. К наиболее распространенным рискам в строительстве относятся: опасность падения с высоты, риск удара током, травмирование движущейся техникой или плохо закрепленными предметами. Цифровизация помогает строительным компаниям внедрять и практически реализовывать усиленные меры безопасности, которые снижают эти риски. К цифровым технологиям безопасности можно отнести видеорекамеры, размещенные на и за пределами строительной площадки, датчики движения, температуры, света и другие, адекватные конкретным задачам.

2. Рост эффективности экономического планирования и проектирования строительства обеспечивается за счет применения инновационных

инструментов 3D-моделирования зданий и сооружений, географических информационных систем (ГИС), а также программ для автоматизированного проектирования (САПР).

3. Сокращение затрат и времени строительства за счет цифровизации ряда ключевых процессов позволяет повысить экономическую эффективность отдельных предприятий и отрасли в целом.

4. Совершенствование процесса принятия решений. Анализ данных строительного проекта в электронных таблицах, выполняемых вручную, — это медленный подход, который отрицательно влияет на производительность и управление временем, а следовательно, на общие затраты на реализацию проекта. Руководители редко могут видеть «общую картину» на бумаге и, следовательно, не могут принимать быстрые решения, учитывающие ход проекта. Современные цифровые технологии обработки больших массивов данных решают эти проблемы, позволяют оценивать проект в комплексе, с учетом всех мельчайших деталей, без необходимости тратить много времени на принятие решений. Всю рутинную работу берет на себя «цифровой разум». Примером могут служить технологии компьютерного моделирования воздействия подземных толчков (землетрясений) на отдельные конструктивные элементы и на все здание в целом, которое успешно применяется при проектировании и строительстве в Японии: японские небоскребы даже при относительно сильных землетрясениях не разрушаются, а лишь «раскачиваются», сохраняя целостность. Экономический результат применения таких технологий состоит в избегании ущерба в миллионы долларов, гуманитарный — в сохранении тысяч человеческих жизней.

5. Цифровые технологии позволяют обеспечить соблюдение экологических норм в большей степени, чем при традиционном строительстве. Например, по оценкам экспертов, потеря материалов сокращается на 35 % благодаря более точным оценкам потребностей в них и более рациональному использованию.

6. Упрощение управления данными. До сих пор значительный объем качественных и детализированных данных игнорируется и/или не анализируется должным образом в строительстве. От изображений до ограничений и нарушений безопасности; так много необработанных данных, которые могут улучшить качество, безопасность и эффективность строительных проектов, остается неиспользованным. Используя функции и средства цифровизации, строительные компании могут собирать эти данные и использовать их для дости-

жения целей проекта. Кроме того, массив данных можно безопасно хранить на облачной платформе (чтобы принести пользу текущим и будущим строительным проектам), откуда к ним можно легко получить доступ с помощью глубокого поиска и мета-дескрипторов.

Однако, несмотря на многочисленные преимущества цифровизации в строительстве, все еще существуют проблемы, которые необходимо решить. Исследуя цифровизацию указанной отрасли, Е. А. Сулимова, отметила, что «...на данный момент далеко не все граждане страны готовы к такой кардинальной трансформации» [9, с. 93]. В частности, отсутствие цифровых навыков у работников, знакомых с традиционной моделью, является серьезным препятствием для внедрения новых технологий. Также внедрение цифровых технологий может сдерживаться отсутствием или дефицитом современного оборудования, технических приспособлений, датчиков или нежеланием строительных компаний инвестировать в цифровизацию. Среди рисков стоит отметить такое известное явление как сопротивление организационным изменениям.

Существует ряд сдерживающих факторов внедрения цифровых технологий в строительстве. В крупномасштабных строительных проектах обычно участвуют несколько подрядчиков и субподрядчиков. Каменщик и водопроводчик; монтажник лесов и маляр; плотник и электрик: эти рабочие обладают опытом в уникальной области. По отдельности они не всегда имеют финансовые или логистические возможности для цифровой трансформации своих операций, поскольку это не является жизнеспособным с точки зрения бизнеса. Более того, поскольку их (зачастую краткий) вклад составляет лишь малую часть общего проекта, внедрение цифровых решений в «бункере» приносит больше проблем, чем пользы, особенно когда предоставление услуг меняется от одного проекта к другому. Эти недостатки уменьшаются в многоквартирных строительных компаниях, работающих по принципу «одного окна», которые выполняют различные или все строительные задачи.

Заключение

Цифровизация в строительной отрасли за последние два десятилетия шагнула семимильными шагами. Заглядывая в будущее, мы станем свидетелями еще большего количества инноваций, которые приведут к значительным улучшениям в отрасли. В ближайшие несколько лет, безусловно, можно ожидать рост технологий, которые расширят возможности вовлеченных работников. Сюда

входят очки дополненной реальности следующего поколения, которые позволяют работникам получать доступ к цифровым рисункам и манипулировать ими, как если бы они находились прямо перед ними. Выделенные цифровые системы ввода в эксплуатацию позволят упростить и прозрачность планирования, реализации, проверки и снижения рисков проектов. И чем более продвинутой становится технология цифровых двойников, тем больше она будет использоваться для получения целостного представления о проекте на протяжении всего его жизненного цикла. Вместе с тем следует отметить, что полная цифровизации отрасли в настоящее время невозможна. Можно говорить

лишь об определенной степени замены традиционных технологий цифровыми, что будет вести к повышению эффективности планирования и проектирования, безопасности на строительной площадке, а также к сокращению затрат и времени строительства. Насущными проблемами остаются сложность внедрения, недостаток квалифицированных кадров в данной области, высокие затраты, что значительно ограничивает широкое распространение технологий. Поскольку цифровые технологии продолжают развиваться, ожидается, что влияние цифровизации на строительство останется глубоким и преобразующим.

Список источников

1. Горбова И. Н., Аванесова Р. Р., Мусаев М. М. Цифровая трансформация строительной отрасли России // Вестник Академии знаний. 2023. № 2 (55). С. 46–51.
2. Григорьев Д. С. Современные взгляды на роль цифровых технологий в обеспечении экономической безопасности строительной отрасли // Инновации и инвестиции. 2023. № 8. С. 339–344.
3. Золотухина М. С. Технологии информационного моделирования в градостроительной деятельности в РФ и КНР: общее и различие // NB: Административное право и практика администрирования. 2025. № 1. С. 39–51.
4. Игнатъев И.В., Шаранин В.Ю. Современные вызовы цифровой трансформации строительной сферы // Московский экономический журнал. 2024. № 4. С. 721–733.
5. Кандрашкин П. В. Перспективы применения BIM-технологий в управлении строительными проектами в Российской Федерации // Инновационная наука. 2023. № 6–2. С. 28–31.
6. Козак К. В., Светлова О. И. Анализ рынка цифровых инструментов в строительстве // Московский экономический журнал. 2024. № 5. С. 10–33.
7. Мальцевич И. В. Цифровизация строительной отрасли Республики Беларусь как важнейший фактор роста ее конкурентоспособности // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2021. № 3 (86). С. 55–66.
8. Моттаева А. Б., Кашинцева В. Л., Кубрак И. А. Актуальные тренды цифровой трансформации строительной отрасли России // Вестник СИБИТа. 2023. № 4. С. 98–104.
9. Сулимова Е. А., Новицкая Д. А. Развитие цифровой экономики в сфере строительства // Экономика строительства. 2022. № 10. С. 89–95.
10. Талапов В. Внедрение BIM в Сингапуре: впечатляющий опыт // САПР. 2016. №1.

Reference

1. Gorbova IN, Avanesova RR, Musaev MM. *Digital transformation of the construction industry in Russia. Vestnik Akademii znaniy=Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2023;(2 55):46-51. (In Russ.).
2. Grigoriev DS. Modern views on the role of digital technologies in ensuring economic security of the construction industry. *Innovatsii i investitsii=Innovations and Investments*. 2023;(8):339-344. (In Russ.).
3. Zolotukhina MS. Information modeling technologies in urban planning in the Russian Federation and China: similarities and differences. *NB: Administrativnoye pravo i praktika administrirovaniya=NB: Administrative law and administration practice*. 2025;(1):39-51. (In Russ.).
4. Ignatiev IV, Sharanin VYu. Modern Challenges of Digital Transformation of the Construction Sector. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal=Moscow Economic Journal*. 2024;(4):721-733. (In Russ.).
5. Kandrashkin PV. Prospects for the Application of BIM Technologies in Construction Project Management in the Russian Federation. *Innovatsionnaya nauka=Innovative Science*. 2023;(6-2):28-31. (In Russ.).
6. Kozak KV, Svetlova OI. Analysis of the Digital Tools Market in Construction. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal=Moscow Economic Journal*. 2024;(5):10-33. (In Russ.).

7. Maltsevich IV. Digitalization of the construction industry of the Republic of Belarus as the most important factor in the growth of its competitiveness. *Vestnik GGTU im. P. O. Sukhogo=Bulletin of the Sukhoi State Technical University*. 2021;(3(86)):55-66. (In Russ.).

8. Mottaeva AB, Kashintseva VL, Kubrak IA. Current Trends of Digital Transformation of the Russian Construction Industry. *Vestnik SIBITa=SIBIT Bulletin*. 2023;(4):98-104. (In Russ.).

9. Sulimova EA, Novitskaya DA. Development of the digital economy in the construction sector. *Ekonomika stroitel'stva=Construction Economics*. 2022;(10):89-95. (In Russ.).

10. Talapov V. Implementation of BIM in Singapore: an impressive experience. *SAPR=SAPR*. 2016;(1).

Информация об авторах

И. А. Иваненко — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры мировой экономики и экономической теории.

Т. Н. Скоробогатова — доктор экономических наук, профессор, доцент кафедры мировой экономики и экономической теории.

В. В. Чепурко — доктор экономических наук, профессор, доцент кафедры мировой экономики и экономической теории.

Information about the authors

I. A. Ivanenko — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of World Economy and Economic Theory.

T. N. Skorobogatova — Doctor of Economics, Professor, Associate Professor of the Department of World Economy and Economic Theory.

V. V. Chepurko — Doctor of Economics, Professor, Associate Professor of the Department of World Economy and Economic Theory.

Статья поступила в редакцию 24.11.2025; одобрена после рецензирования 01.12.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 24.11.2025; approved after reviewing 01.12.2025; accepted for publication 15.12.2025.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.