



Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы

А.В. Степанов^{1✉}, М.В. Матвеева², Е.С. Пешкова³^{1,2,3}Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Цифровизация строительной отрасли в Российской Федерации становится ключевым фактором для обеспечения качественного устойчивого развития и повышения конкурентоспособности отрасли на мировом рынке. В статье исследуется динамика и перспективы цифровой трансформации строительной отрасли в Российской Федерации. Анализируется возникновение цифровизации, как инструмента глобального инновационного процесса, и ее влияние на развитие современного общества. Фокус внимания сосредоточен на текущем состоянии применения цифровых технологий в строительстве, выявляются ключевые тренды и тенденции. Освещаются факторы, способствующие и затрудняющие процесс цифровизации, включая технологические, экономические и организационные аспекты. Анализируется значение создания цифровой вертикали строительной отрасли, как основы для подобных проектов в других сферах жизни человека. Рассматривается вклад крупных и малых застройщиков в развитие цифровых решений, а также взаимодействие между государственными органами и частным сектором в этом направлении. Особое внимание уделяется решению текущих вызовов, которые стоят перед отраслью в контексте внедрения в нее цифровых технологий. В заключении статьи подчеркивается значение цифровизации для укрепления конкурентоспособности российской строительной отрасли на глобальном рынке и необходимость стратегического подхода к ее реализации.

Ключевые слова: цифровизация, строительство, цифровые технологии, информационная система, цифровая вертикаль

Для цитирования: Степанов А.В., Матвеева М.В., Пешкова Е.С. Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 2. С. 356–366. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-356-366>. EDN: SJHHKT.

Original article

Digitalization of the construction industry: prospects and challenges

Anton V. Stepanov^{1✉}, Maria V. Matveeva², Elena S. Peshkova³^{1,2,3}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The digitalization of the construction industry in the Russian Federation becomes a key factor in achieving sustainable development and increasing the competitiveness of the industry in the global market. The article investigates the dynamics and prospects of digital transformation of the construction industry in the Russian Federation. The authors examine the appearance of digitalization as an instrument of global innovative processes, as well as its impact on the development of modern society. Particular attention is paid to the current state of applying digital technologies in the construction industry, with a focus on identifying the key trends. The factors that facilitate or hinder the digitalization process are outlined, including technological, economic, and organizational aspects. The importance of creating a digital dimension of the construction industry as a basis for similar projects in other spheres of human life is noted. The contribution of large and small real estate developers to digital solutions, as well as the interaction between public authorities and the private sector in this regard, is considered. Particular emphasis is placed on addressing the current challenges facing the industry in the digitalization context. In

conclusion, the importance of digitalization in strengthening the competitiveness of the Russian construction industry in the global market and the need for a strategic approach to its implementation is highlighted.

Keywords: digitalization, construction, digital technologies, information system, digital vertical

For citation: Stepanov A.V., Matveeva M.V., Peshkova E.S. Digitalization of the construction industry: prospects and challenges. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(2):356-366. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-356-366>. EDN: SJHHT.

ВВЕДЕНИЕ

В начале XXI века человечество столкнулось с рядом вызовов и возможностей, которые определяют общий курс развития на планете. Эти вызовы, известные как мегатренды, представляют собой глобальные тенденции, влияющие на социальные, экономические, политические и экологические аспекты жизни человечества.

Первый мегатренд – глобализация, при которой глобальные сети связи и информационные технологии сократили расстояния между странами, открыли новые возможности для торговли, обмена знаниями и культурного взаимодействия.

Другими значимыми тенденциями, формирующими современный мировой порядок, являются проблемы, связанные с изменением климата, процессы старения населения, миграция, урбанизация, развитие искусственного интеллекта и др.

Второй – цифровизация, процесс интеграции цифровых технологий в различные аспекты жизни общества и экономики. В мире, где цифровые технологии проникают во все сферы деятельности, от экономики и образования до здравоохранения и сферы развлечений, понимание и адаптация к этому процессу становятся критически важными [1].

С точки зрения социальных процессов, цифровизация представляет собой текущую фазу информационной революции, которая началась в середине XX в. Этот этап характеризуется быстрым ростом цифровых данных и их постепенным внедрением для управления экономикой и другими аспектами жизни людей.

Сегодня она является ключевым инструментом глобального инновационного процесса. Почти каждое серьезное технологическое достижение связано с обработкой данных на вычислительных машинах.

Эта обработка невозможна без научного мышления, так как она преобразует информацию в знание, которое может быть использовано для создания полезных продуктов и услуг для людей.

С каждым годом человечество все быстрее осваивает новые технологии. Если до 1990-х гг. для того, чтобы освоить новое устройство, требовалось не менее десяти лет, то с появлением интернета этот процесс сократился до семи лет [2].

Цифровые технологии воздействуют на общество и экономику через несколько ключевых аспектов. Они стимулируют инновации, повышают производительность труда и способствуют развитию новых отраслей экономики, таких как цифровая торговля, финтех и e-commerce, приводят к изменению традиционных бизнес-моделей, открывая новые возможности для цифровых платформ, онлайн-сервисов и цифровых продуктов, упрощают доступ к информации, здравоохранению и образованию, делают жизнь людей более удобной и комфортной, трансформируют требования к навыкам и компетенциям рабочей силы [3].

Большое влияние цифровизация оказывает на развитие строительной отрасли, преобразуя традиционные методы проектирования, строительства и управления проектами. В последнее время строительные компании по всему миру все чаще задействуют цифровые технологии для улучшения эффективности и качества своих проектов [4].

МЕТОДЫ

За последние несколько десятилетий строительство как вид экономической деятельности стало ключевым элементом, способствующим модернизации различных аспектов общественной жизни в Российской Федерации.

Данная отрасль не только создает основу для других видов экономической деятельности, но и активно участвует в развитии жилищно-коммунального хозяйства, улучшении транспортной инфраструктуры, реорганизации производственных территорий и решении множества задач в сфере экологии и социального развития.

Кроме того, строительство обеспечивает занятость и доход значительной части населения страны. В 2024 г. в отрасли заняты 11,5

млн человек, то есть примерно 16 % от всей рабочей силы в стране¹.

Цифровизация строительства означает перевод всех его процессов в цифровой формат и использование современных технологий для улучшения эффективности и качества производимых работ². Они позволяют решить одну из главных проблем строительной отрасли, связанную с неэффективным использованием ресурсов [5].

Цифровые технологии также применяются на этапе строительства объектов. Использование дронов для мониторинга стройплощадок позволяет контролировать прогресс работ и обнаруживать потенциальные проблемы или задержки.

Автоматизация процессов с помощью роботизированных систем и 3D-печати позволяет ускорить строительство и снизить риск ошибок. После завершения строительства цифровизация также играет важную роль в управлении объектами и в их обслуживании.

Использование систем «умного дома» позволяет оптимизировать управление энергопотреблением, обеспечивать безопасность и комфорт для жителей и пользователей. Аналитика данных позволяет предсказывать потребности в обслуживании и предотвращать возможные поломки или аварии.

Многие строительные организации стремятся внедрять в работу сервисы автоматизации, чтобы получить конкурентные преимущества и оптимизировать свои бизнес-процессы. При этом Правительство Российской Федерации активно поддерживает данный процесс в строительной отрасли.

Главной целью внедрения цифровых технологий в строительной отрасли является – повышение конкурентоспособности и эффективности [6].

Для обеспечения взаимодействия всех участников строительной отрасли в России на единых форматах и требованиях разрабатывается единая информационная среда, известная как цифровая вертикаль строительной отрасли.

Целью этого проекта является согласование процессов и интеграция информационных

систем всех участников сферы, автоматизация и ускорение процессов, оптимизация затрат и устранение ошибок на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства [7]. Цифровая вертикаль строительной отрасли может стать основой для создания подобных проектов в других областях, таких как образование и медицина. Подобные системы позволят упростить повседневную жизнь обычных граждан, но самое главное, сформировать информационную структуру внутри государства, где различные министерства смогут взаимодействовать друг с другом, а информация будет максимально актуальной и открытой по соответствующему запросу.

Информационные системы позволяют вести учет объектов строительства, обмениваться информацией между участниками и органами власти, а также рассматривать, согласовывать и подписывать соответствующие документы [8].

На сегодняшний день в состав цифровой вертикали входят:

1. Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ГИСОГД)³ – цифровая база данных, которая содержит сведения, документы и материалы о развитии территорий, процессе застройки, существующих и планируемых объектах капитального строительства и прочие важные сведения, необходимые для осуществления градостроительной деятельности. Система предназначена для регулирования территориального развития.

Она отображает модель региона, обеспечивает принятие управленческих решений на основе новейших данных с минимальными затратами и исключением ошибок, служит основой формирования цифрового пространственного двойника, позволяет определить градостроительный потенциал территории и готовность к реализации объектов на основе особенностей и социально-экономических потребностей региона.

2. Информационная система управления проектами (ИСУП)⁴ – это управляемая система, предназначенная для заказчиков и застройщиков.

¹На выставке «Россия» озвучили планы развития строительной отрасли // Ежедневная деловая газета РБК. 2024. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/industries/news/65af7d329a7947291c6bcb20> (дата обращения: 14.04.2024).

²Цифровизация строительства: что станет обязательным в ближайшее время // Первый Бит. 2021. Режим доступа: https://www.1cbit.ru/blog/tsifrovizatsiya-stroitelstva-chto-stanet-obyazatelny-m-v-blizhayshee-vremya/?utm_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 14.04.2024).

³Государственная информационная система для обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации // Официальный сайт ГИСОГД РФ. 2024. Режим доступа: <https://gisogd.gov.ru/> (дата обращения: 13.04.2024).

⁴Информационная система управления проектами // ФАУ «РОСКАПСТРОЙ» Минстрой России. 2024. Режим доступа: <https://roskapstrov.ru/proektv/informatsionnaya-sistema-upravleniya-proektami/> (дата обращения: 11.04.2024).

Платформа обеспечивает контроль и внедрение программ в области государственного заказа, проектирования и строительства объектов.

Система служит единым сервисом для хранения, анализа и обработки информации о всех объектах строительства для всех участников процесса.

3. Единая цифровая платформа государственной экспертизы (ЕЦПЭ)⁵ – платформа для проведения всех этапов государственной экспертизы, начиная с подачи документов от проектной организации до получения экспертного заключения. В рамках платформы обеспечивается хранение документации, проверка ее комплектности, подготовка комментариев и заключения, взаимодействие заявителя и экспертной организации, осуществляется официальная переписка по экспертизе, обработка замечаний, подписание документов, а также передача заключений и архивация документации на хранение. В рамках вертикали вся разработанная проектная документация поступает из ИСУП в ЕЦПЭ. После серии тщательных проверок результаты экспертизы проектной документации и инженерных изысканий передаются обратно в ИСУП.

4. Информационная система государственного строительного надзора⁶ – система обеспечивает обмен информацией и документацией в процессе осуществления строительного контроля со стороны государственных органов. Является важной структурой для проверки документации с ГИСОГД и информационных систем проектных/подрядных организаций.

5. Информационная система проектной/подрядной организации используется в сфере проектной и подрядной деятельности. В отличие от ИСУП, которая охватывает логистику, учет и контроль строительных работ для всех участников строительства, ИС проектной/подрядной организации содержит набор модулей, специализированных на подготовке, передаче и учете проектной и рабочей документации, а также информацию о строительных работах по объектам капитального строительства. Она устанавливает взаимодействие между ИСУП и информационными системами

эксплуатирующих организаций в целях обмена документацией и информацией об объектах строительства.

6. Информационная система эксплуатирующей организации обеспечивает непрерывную эксплуатацию недвижимости и производственных объектов с использованием информационного моделирования. Она позволяет создать цифровой двойник объекта с полной информацией о его инженерных коммуникациях, системах, оборудовании, персонале и данных по эксплуатации.

Информация о проекте капитального строительства передается в информационную систему эксплуатирующей организации из информационной системы проектной/подрядной организации. Цифровая вертикаль в строительной отрасли позволяет улучшить качество принимаемых управленческих решений при проектировании и строительстве различных объектов жилья, социальной и инженерной инфраструктуры на краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе. Она также позволяет использовать аналитические данные для прогнозирования социально-экономического развития региона и комплексного планирования ресурсов не только для строительства, но и для других нужд.

Другие выгоды включают улучшение качества проектирования, организацию взаимодействия между всеми участниками строительного процесса и создание инфраструктуры для мониторинга и анализа жизненного цикла объектов с целью эффективного использования ресурсов.

Подобное внедрение цифровых технологий в строительную сферу невозможно без совершенствования текущей законодательной базы. В рамках процесса цифровизации появляются нормативные акты, касающиеся электронного документооборота в строительстве, использования информационного моделирования и создания государственных информационных систем [9].

На сегодняшний день Градостроительный кодекс Российской Федерации⁷ занимает верхнюю ступень иерархии нормативно-правовых актов в области строительства.

⁵Единая цифровая платформа экспертизы включена в реестр программного обеспечения // Минстрой России. 2022. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/edinaya-tsifrovaya-platforma-ekspertizy-vklyuchena-v-reestr-programmnogo-obespecheniya/> (дата обращения: 11.04.2024).

⁶«О направлении доработанных общих требований на основе лучших региональных практик по составу и содержанию типовых методических рекомендаций по организации электронного документооборота технической документации в области строительства в субъекте Российской Федерации»: Письмо Минстроя России от 06.07.2023 N 39972-ИЯ/14 // СПС «КонсультантПлюс». 2023. Режим доступа: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Minstroya-Rossii-ot-06.07.2023-N-39972-IYa_14/ (дата обращения: 11.04.2024).

⁷Градостроительный кодекс Российской Федерации // Минстрой России. 2023. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/866/> (дата обращения: 06.04.2024).

С 2019 г. в кодексе зафиксировано понятие информационной модели объекта капитального строительства⁸, представляющего совокупность документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на всех этапах жизненного цикла объекта.

С информационными моделями объекта капитального строительства связана концепция классификатора строительной информации, то есть информационного ресурса, распределяющего информацию об объектах капитального строительства и ассоциированную с ними информацию в соответствии с ее классификацией.

В Градостроительном кодексе Российской Федерации также прописаны полномочия и обязанности органов власти в отношении государственных информационных систем, где органы государственной власти субъектов занимаются созданием и управлением государственными информационными системами, которые поддерживают градостроительную деятельность.

Органы местного самоуправления также ответственны за управление такими системами на территории своих районов. По данным Росстата, 2023 г. стал рекордным в России по вводу жилья – 110,4 млн м², что на 7,5 % больше результатов 2022 г.⁹ В целях повышения объемов вводимого жилья была разработана «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 г. с

прогнозом до 2035 г.»¹⁰. Документ направлен на преобразование строительной отрасли с расчетным увеличением производительности труда на 10 %. Планируется, что в результате действия стратегии финансовые затраты на создание объектов строительства сократятся на 20 %, а сроки возведения на 30 %.

Министерство строительства и Жилищно-коммунальное хозяйство России на регулярной основе издает приказы, которые конкретизируют положения законов и постановлений, структуру и состав документов, а также методы расчетов. Например, первый регулирует классификатор строительной информации, его структуру и состав¹¹. Второй утверждает методику определения стоимости работ по подготовке проектной документации¹². А третий закрепляет методику определения сметной стоимости строительства, реконструкции или капитального ремонта¹³.

Отдельные приказы регулируют методы определения стоимости на информационное моделирование, форму и порядок ведения общего журнала работ и т. д. Использование цифрового формата для исполнительной документации в строительстве стало значительно проще после принятия ряда законодательных инициатив со стороны Министерства строительства.

Одним из самых актуальных документов по этому вопросу является Приказ Минстроя России № 344/пр от 16.05.2023 г., который позволяет вести всю исполнительную документацию только в электронном виде без необходимости

⁸«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» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Федеральный закон от 27.06.2019 № 151-ФЗ // Официальное опубликование правовых актов. 2019. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906270037> (дата обращения: 06.04.2024).

⁹Подведены итоги жилищного строительства в 2023 году // Минстрой России. 2024. Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/press/podvedeny-itogi-zhilishchnogo-stroitelstva-v-2023-godu/#:~:text=%D0%9F%D0%BE%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B0%2C%20%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B4%20%D0%B6%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F,%D0%B2%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BE%20%2C76%20%D0%BC%D0%BB%D0%BD%20%D0%BA%D0%B2> (дата обращения: 10.04.2024).

¹⁰«Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года»: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 3268-р // Правительство России. 2022. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczB-BUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf> (дата обращения: 12.04.2024).

¹¹«Об утверждении структуры и состава классификатора строительной информации»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.08.2020 № 430/пр // Минстрой России. 2020. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/183196/> (дата обращения: 13.04.2024).

¹²«Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 1 октября 2021 года № 707/пр // Минстрой России. 2020. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/138462/> (дата обращения: 07.04.2024).

¹³«Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 4 августа 2020 г. № 421/пр // Минстрой России. 2020. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/74851/> (дата обращения: 07.04.2024).

воспроизведения в бумажном формате¹⁴. Приказ вступил в силу с 1 сентября 2023 г. и будет действовать по 2029 г. с возможным продлением. Постепенно вводится практика перевода строительной документации в машиночитаемый формат XML с целью автоматизации процессов в строительстве. Например, Приказом Министерства строительства России № 783/пр от 12.05.2017 г. были утверждены требования к электронным документам для государственной экспертизы, где сметы должны быть представлены в формате XML в соответствии с установленной схемой¹⁵. Аналогично, Приказом № 341/пр от 08.06.2018 г. были установлены требования к формату заключения экспертизы¹⁶.

В целях импортозамещения разрабатываются отечественные технологии информационного моделирования (ТИМ), которые на российском рынке постепенно заменяют BIM. Данные пакеты программного обеспечения должны быть задействованы на всех стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства. Уже с новыми инструментами инженеры и архитекторы будут проектировать цифровые модели зданий, интегрировать информацию о конструкциях, материалах, расходах на энергию и другие параметры [10]. Работа в цифровом формате позволяет проводить более точное и эффективное проектирование с минимальными временными затратами и ошибками при проектировании, строительстве и выводе объекта из эксплуатации. ТИМ позволяет

сократить количество ошибок в проектной документации в 3–4 раза, а сроки строительства до 20 %¹⁷. В перспективе ТИМ должны распространиться на все объекты строительства в стране. Однако, несмотря на все преимущества, технология пока остается сложной в разработке и изучении, малодоступна в использовании для небольших и средних застройщиков. Есть ощутимый недостаток специалистов в области строительного информационного моделирования даже в крупных городах страны [11]. Так, с 2022 г. использование ТИМ зданий стало обязательным для объектов государственного заказа, финансируемых из бюджета Российской Федерации вне зависимости от их стоимости или важности¹⁸. Уже в 2022 г. были внесены изменения в требования Правил по проведению проектных работ в Российской Федерации¹⁹. Теперь ведение информационной модели стало обязательным, если договор на выполнение документации был заключен после 1 июля 2024 г. и разрешение на строительство было получено после 1 января 2025 г.

Для индивидуальных домов в малоэтажных жилых комплексах информационная модель требуется в тех случаях, когда подготовка проектной документации обязательна или договор на нее был заключен после 1 января 2025 г., или разрешение на строительство было получено после 1 июля 2025 г. Наконец, в рамках ускорения этапов взаимодействия государственных органов власти и строительных компаний путем перехода на электронный

¹⁴«Об утверждении состава и порядка ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.05.2023 № 344/пр // Официальное опубликование правовых актов. 2023. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202306010019> (дата обращения: 07.04.2024).

¹⁵«Об утверждении требований к формату электронных документов, представляемых для проведения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 12.05.2017 № 783/пр // Официальное опубликование правовых актов. 2017. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708250017> (дата обращения: 12.04.2024).

¹⁶«Об утверждении Требований к составу, содержанию и порядку оформления заключения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий»: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 08.06.2018 № 341/пр // Официальное опубликование правовых актов. 2018. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201808210039> (дата обращения: 12.04.2024).

¹⁷ТИМ на стройке // Агентство строительных новостей «ASN INFO». 2023. Режим доступа: <https://m.asninfo.ru/techmats/488-tim-na-stroyke?page=193&per-page=2> (дата обращения: 14.04.2024).

¹⁸«Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства»: Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331 // Гарант. 2021. Режим доступа: <https://base.garant.ru/400424628/> (дата обращения: 14.04.2024).

¹⁹«О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 331»: Постановление Правительства Российской Федерации от 20.12.2022 № 2357// Официальное опубликование правовых актов. 2022. Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212210039?index=1&roistat_visit=225467 (дата обращения: 05.04.2024).

формат, в 2020 г. Правительством была выдвинута программа «Цифровая экономика Российской Федерации».

Основными целями программы являются: увеличение внутренних инвестиций в развитие экономики, создание информационной инфраструктуры для быстрой передачи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств, переход государственных учреждений, органов местного самоуправления и предприятий различного уровня капитализации на использование отечественного программного обеспечения²⁰.

Российские компании активно адаптируются к современным высоким стандартам, установленным государством и крупными заказчиками.

Одним из ключевых направлений адаптации является внедрение наиболее перспективных технологий, которые уже используются крупными и средними компаниями в строительной отрасли России в рамках цифровизации [12].

Хотя большинство IT-продуктов сосредоточены на решении базовых задач, таких как учет информации и автоматизация, информационные системы и технологии изменяют облик рынка в целом, а также облик конкретных строительных проектов.

Благодаря минимальным вложениям в основные фонды и наибольшей прибыли цифровые площадки по продаже недвижимости становятся наиболее привлекательным направлением развития для девелоперов. Такие подходы уже прижились у строительных компаний, крупных и небольших агентств недвижимости [13–14].

Девелоперы, как наиболее активные субъекты рынка недвижимости, заинтересованы в динамической системе ценообразования на новые квартиры в строящихся жилых комплексах.

Специально разработанное программное обеспечение не только регулирует цены недвижимости, но и сопровождает потенциальных покупателей на протяжении всего процесса: от

завлечения рекламой до подписания цифрового договора. Модули на основе искусственного интеллекта (ИИ) уже распознают переписку с клиентами и прогнозируют вероятность их готовности купить недвижимость.

В будущем эта технология позволит проводить все этапы сделок онлайн, за исключением осмотров объектов, но и эта ниша будет заполнена благодаря развитию VR-систем. Даже передача ключей частично перешла в цифровой формат у некоторых застройщиков.

Одним из примеров использования цифровых технологий в строительной индустрии является беспилотная техника.

Дроны могут использоваться для малярных работ, укладки кирпича или установки арматуры. Хотя эти технологии пока не получили широкого распространения в России и в мире, растет применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга использования земель.

Например, дроны используются при осуществлении государственного земельного надзора, что позволяет значительно увеличить скорость обследования территорий [15].

Еще одной важной областью цифровизации в строительстве является интернет вещей (Internet of Things), которая представляет собой систему взаимосвязанных устройств, обменивающихся данными через беспроводные сети без участия человека.

В строительной отрасли этот концепт в основном используется для учета энергоресурсов в уже построенных зданиях.

Например, в электроэнергетике наблюдается широкое внедрение умных электросчетчиков. Согласно отчету ONSIDE, лидерство в подключении в M2M/IoT принадлежит оператору МТС – 47%²¹. Электросчетчики уже подключают к интернету вещей, а среди счетчиков воды и тепла также наблюдается быстрый рост внедрения²².

Однако, если говорить о газовых счетчиках, только 3 % установленных приборов могут передавать данные, что является наименее продвинутой областью в данном контексте.

²⁰Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7 // СПС «КонсультантПлюс». 2019. Режим доступа: https://www.consultant.ru/law/podborki/protokol_zasedaniya_prezidiuma_soveta_pri_prezidente_rossijskoj_federacii_po_strategicheskomu_razvitiyu_i_nacionalnym_proektam_ot_4_iyunya_2019_g._%25E2%2584%2596_7/ (дата обращения: 14.04.2024).

²¹МТС стала лидером B2B-телекома по развитию интернета вещей <https://www.chitaitext.ru/novosti/mts-stala-liderom-b2b-telekoma-po-razvitiyu-interneta-veshchey/> (дата обращения: 14.04.2024).

²²Интернет вещей, IoT, M2M, мировой рынок // TADVISER. 2024. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA (дата обращения: 14.04.2024).

В перспективе интернет вещей может также применяться на строительных площадках для мониторинга различных параметров, таких как передвижение строительной техники, контроль за персоналом и доступом на объект.

В России развиваются подобные технологии и уже проводятся испытания датчиков для мониторинга прочности бетонных конструкций.

Параллельно другим направлениям цифровизации искусственный интеллект становится быстрорастущим сегментом в строительстве. На основании отчета ResearchDive, рынок цифровых технологий в строительной сфере на 2021 г. оценивался всего в 500 млн долл., с повышением до 8,5 млрд долл. к 2031 г.²³

Девелоперы активно стремятся вводить мировые наработки в области искусственного интеллекта на строительных площадках. Использование систем видеонаблюдения с элементами ИИ в целях строительного контроля и соблюдения техники безопасности на стройплощадке становится стандартизированным решением для многих отечественных компаний.

Специально обученная нейронная сеть распознает как элементы конструкций здания и их правильное местоположение, так и наличие средств индивидуальной защиты (каска, жилеты, респираторы, защитные очки и т. д.) у сотрудников, элементы оборудования и условия работы оборудования [16–17].

Эксперты выделяют несколько ключевых перспектив применения ИИ в строительстве, включая проактивный анализ больших объемов данных для оперативного принятия управленческих решений, интеграцию с роботизированными системами для планирования работ и логистики поставок, контроль затрат на строительство и оптимизацию расходов, а также применение нейросетей на этапе проектирования, научных исследований для улучшения процессов и разработки новых технологий.

Однако развитие данной области пока ограничивается качеством постановки задач и проблемами текущего этапа развития данной технологии, которая все еще не может сравниться с человеком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неоспоримо, что цифровизация строительной отрасли в России будет продолжаться и расширяться в ближайшие годы. Новые технологии ежегодно будут активно внедряться для

улучшения процессов проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Такие системы как расширенная реальность, искусственный интеллект и интернет вещей уже сейчас становятся обыденной реальностью. Более тесное сотрудничество между государственными органами, промышленными предприятиями и научными комплексами также будет способствовать успешному развитию цифровизации строительства [18].

В строительной отрасли России цифровые продукты составляют лишь около 3 %, что значительно меньше, чем в Китае (8 %) и США (20 %). Однако за последние два года количество отечественных IT-решений значительно выросло, и теперь российские компании становятся менее зависимыми от иностранных поставщиков. Крупные застройщики уже осуществили базовую цифровизацию, автоматизировали основные процессы. Средние и небольшие застройщики фокусируются на внедрении наиболее эффективных решений, таких как цифровизация продаж и использование электронной документации. Вероятно, в будущем на отечественном рынке появятся симбиозы китайских технологий и российского программного обеспечения²⁴.

Сталкиваясь с вызовами современного рынка и стремительным технологическим прогрессом, российская строительная отрасль ощущает необходимость в цифровизации. Это становится ключевым фактором для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности на мировом рынке.

Сегодня главным вызовом для цифровизации строительной отрасли является недостаток квалифицированных специалистов в области цифровых технологий. Для успешной реализации цифровизации необходимы специалисты, обладающие знаниями и навыками работы с современными IT-системами, программным обеспечением и цифровыми инструментами. Недостаток узкоспециализированных специалистов создает проблемы при внедрении новых технологий, препятствует росту и развитию отрасли. Стоимость внедрения цифровых технологий является весомым фактором, препятствующим развитию индустрии. Многие строительные компании сталкиваются с финансовыми ограничениями, которые могут затруднить внедрение современных цифровых систем и оборудования. Инвестиции в новые

²³Рынок искусственного интеллекта в строительстве // ICT Moscow.2021. Режим доступа: <https://ict.moscow/research/rynok-iskusstvennogo-intellekta-v-stroitelstve/> (дата обращения: 14.04.2024).

²⁴Эффект от цифровизации строительства можно оценить в 100 млрд рублей – Андрей Тянь // Интерфакс: новости. 2023. Режим доступа: <https://www.interfax-russia.ru/realty/reviews/effekt-ot-cifrovizacii-stroitelstva-mozhno-ocenit-v-100-mlrd-rublej-andrey-tyan> (дата обращения: 14.04.2024).

технологии требуют значительных финансовых затрат, что может отпугнуть некоторые компании от цифровизации процессов.

Несмотря на эти вызовы, цифровизация строительной отрасли представляет огромный потенциал для улучшения производительности, сокращения затрат и повышения качества работ. Применение цифровых технологий, таких как ТИМ, автоматизация процессов и внедрение роботизированных систем, позволит компаниям стать более конкурентоспособными и адаптивными к изменяющимся условиям рынка. Для преодоления вызовов

цифровизации строительной отрасли необходимо дальнейшее принятие комплексных мер со стороны государства и бизнес-сообщества. Важно создать благоприятную экосистему для развития цифровых технологий, обеспечить доступ к обучению и подготовке специалистов, а также содействовать финансированию инновационных проектов и исследованию в области цифровизации строительства. Только совместные усилия всех заинтересованных сторон позволят российской строительной отрасли успешно преодолеть вызовы цифровой трансформации и достичь новых высот в развитии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Синева Н.Л., Яшкова Е.В., Костерина Д.М., Селешук Т.А., Сигова Е.С. Инновации сквозь призму цифровизации XXI века // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 1 (35). С. 261–266. EDN: YZECAP.
2. Дудкина Ю. Незаменимых нет: Что такое диффузия технологий и как она влияет на рабочие места? // Секрет фирмы. 2017. Режим доступа: <https://secretmag.ru/trends/whatsapp/privychnka-menyatsya-kak-tehnologii-ostavyat-nas-bez-raboty.htm> (дата обращения: 14.04.2024).
3. Миронова Л.И., Некрасов А.В., Бурцев А.Г. Вызовы цифровизации строительной отрасли: подготовка будущих магистров-градостроителей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: строительство и архитектура. 2022. Т. 22. № 4. С. 76–83. <https://doi.org/10.14529/build220408>. EDN: WWIYOO.
4. Мишин М. Цифровизация строительной отрасли // VC.ru. 2023. Режим доступа: <https://vc.ru/u/240856-maksim-mishin/631736-cifrovizaciya-stroitelnoy-otrasli> (дата обращения: 14.04.2024).
5. Васильева Н.В., Бачуринская И.А. Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли // Вестник алтайской академии экономики и права. 2018. № 7. С. 39–46. EDN: YUDSQP.
6. Половникова Н.А. Цифровизация в строительстве в России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 12-2. С. 102–105. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-12-2-102-105>. EDN: QVTLPC.
7. Моттаева А.Б., Кашинцева В.Л., Кубрак И.А. Актуальные тренды цифровой трансформации строительной отрасли России // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2023. Т. 12. № 4. С. 98–104. <https://doi.org/10.24412/2225-8264-2023-4-98-104>. EDN: ZWXWCW.
9. Борисова Л.А., Оздеаджиев М.М. Основные тренды и проблемы инновационного развития строительной отрасли // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2022. № 4. С. 10–19. <https://doi.org/10.24412/2412-2025-2022-4-10-19>. EDN: DTIIPU.
9. Канапухин П.А., Шомин С.В. Роль цифрового развития строительной отрасли в увеличении производственного потенциала предприятий // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 436–441. EDN: KDFSYS.
10. Гусева Г.В., Астафьев С.А. Интеграция технологий информационного моделирования и интернета вещей в строительстве // Baikal Research Journal. 2020. Т. 11. № 3. С. 1–14. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2020.11\(3\).9](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2020.11(3).9). EDN: EROFWC.
11. Провоторов И.А., Вторников А.В. Актуальные направления цифровизации строительной отрасли // Цифровая и отраслевая экономика. 2020. № 2 (19). С. 126–129. EDN: FTIMNX.
12. Ненастьяев А. Самые передовые информационные системы и технологии в строительстве в 2024 году // ЦУС Академия. 2023. Режим доступа: <https://academy.tsus.ru/samye-peredovye-informacionnyye-sistemy-i-tehnologii-v-stroitelstve-v-2023-godu/> (дата обращения: 13.04.2024).
13. Musarat A.M., Alaloul W.S., Zainuddin S.M.B., Qureshi A.H., Maqsoom A. Digitalization in Malaysian Construction Industry: Awareness, Challenges and Opportunities // Results in Engineering. 2024. Vol. 21. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102013>.
14. Asif M., Naeem G., Khalid M. Digitalization for Sustainable Buildings: Technologies, Applications, Potential, and Challenges // Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 450. P. 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141814>.
15. Погорелов В.А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2016. № 1 (40). С. 1–7. EDN: WCNTDF.
16. Ильин А.В., Владимиров Н.В. Использование искусственного интеллекта в строительстве // Вестник магистратуры. 2022. № 4-2. С. 5–7. EDN: EIBOMJ.

17. Sarker I.H., Janicke H., Mohsin A., Gill A., Maglaras L. Explainable AI for Cybersecurity Automation, Intelligence and Trustworthiness in Digital Twin: Methods, Taxonomy, Challenges and Prospects // *ICT Express*. 2024. P. 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.05.007>.
18. Козленко Т.А., Придвижкин С.В. BIM и VR: разработка программного модуля для интеграции информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. 2021. Т. 18. № 4. С. 440–449. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-4-440-449>. EDN: HBRRUH.

REFERENCES

1. Sineva N.L., Yashkova E.V., Kosterina D.D., Seleshchuk T.A., Sigova E.S. Innovation Through the Prism of Digitalization of The XXI Century. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya = Innovative Economy: Prospects for Development and Improvement*. 2019;1(35):261-266. (In Russ.). EDN: YZECAP.
2. Dudkina Yu. No One Is Irreplaceable: What Is Technology Diffusion and How Does It Affect Jobs? *Company's secret*. Available from: <https://secretmag.ru/trends/whatsapp/privyichka-menyatsya-kak-tehnologii-ostavyat-nas-bez-raboty.htm> [Accessed 14th April 2024]. (In Russ.).
3. Mironova L.I., Nekrasov A.V., Burtsev A.G. Challenges in Digitalization of the Construction Industry: Training Future Urban Planning Masters. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arkhitektura = Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022;22(4):76-83. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/build220408>. EDN: WWIYOO.
4. Mishin M. Digitalization of The Construction Industry. *VC.ru*. 2023. Available from: <https://vc.ru/u/240856-maksim-mishin/631736-cifrovizaciya-stroitelnoy-otrasli> [Accessed 14th April 2024]. (In Russ.).
5. Vasil'eva N.V., Bachurinskaya I.A. Problematic Aspects of Digitalization of the Construction Industry. *Vestnik altaiskoi akademii ekonomiki i prava = Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2018;7:39-46. (In Russ.). EDN: YUDSQP.
6. Polovnikova N.A. Digitalization in Construction in Russia. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and Business: Theory and Practice*. 2022;12-2:102-105. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-12-2-102-105>. EDN: QVTLP.
7. Mottaeva A.B., Kashintseva V.L., Kubrak I.A. Current Trends in The Digital Transformation of the Construction Industry in Russia. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologii = Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*. 2023;12(4):98-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2225-8264-2023-4-98-104>. EDN: ZWXWCW.
8. Borisova L.A., Ozdeadzhiev M.M. Main Trends and Problems of Innovative Development of the Construction Industry. *UEPS: upravlenie, ekonomika, politika, sotsiologiya = UEPS: management, economics, politics, sociology*. 2022;4:10-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2412-2025-2022-4-10-19>. EDN: DTIIPU.
9. Kanapukhin P.A., Shomin S.V. The Influence of the Digital Aspects in Construction Development Capacity Increase. *Innovatsii i investitsii = Innovation and Investment*. 2023;7:436-441. (In Russ.). EDN: KDFSYS.
10. Guseva G.V., Astafyev S.A. Integration of Technologies of Information Modeling and Internet of Things in Construction. *Baikal Research Journal*. 2020;11(3):1-14. (In Russ.). [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2020.11\(3\).9](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2020.11(3).9). EDN: EROFWC.
11. Provotorov I.A., Vtornikov A.V. Actual Directions of Digitalization of the Construction Industry. *Tsifrovaya i otraslevaya ekonomika = Digital and Industrial Economy*. 2020;2(19):126-129. (In Russ.). EDN: FTIMNX.
12. Nenast'ev A. The Most Advanced Information Systems and Technologies in Construction in 2024. *TsUS Academy*. 2023. Available from: <https://academy.tsus.ru/samye-peredovye-informatsionnye-sistemy-i-tehnologii-v-stroitelstve-v-2023-godu/> [Accessed 13th April 2024]. (In Russ.).
13. Musarat A.M., Alaloul W.S., Zainuddin S.M.B., Qureshi A.H., Maqsoom A. Digitalization in Malaysian Construction Industry: Awareness, Challenges and Opportunities. *Results in Engineering*. 2024;21:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102013>.
14. Asif M., Naeem G., Khalid M. Digitalization for Sustainable Buildings: Technologies, Applications, Potential, and Challenges. *Journal of Cleaner Production*. 2024;450:1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141814>.
15. Pogorelov V.A. Prospects for The Use of Unmanned Aerial Vehicles in The Construction. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Journal of Don*. 2016;1(40):1-7. (In Russ.). EDN: WCNTDF.
16. Il'in A.V., Vladimirov N.V. The Use of Artificial Intelligence in Construction. *Vestnik magistratury = Bulletin of The Master's Program*. 2022;4-2:5-7. (In Russ.). EDN: EIBOMJ.
17. Sarker I.H., Janicke H., Mohsin A., Gill A., Maglaras L. Explainable AI for Cybersecurity Automation, Intelligence and Trustworthiness in Digital Twin: Methods, Taxonomy, Challenges and Prospects. *ICT Express*. 2024;1-24. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.05.007>.
18. Kozlenko T.A., Pridvzhkin S.V. BIM and VR: Development of A Software Module for The Integration of Building Information Modelling and Virtual Reality. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-*

Информация об авторах

Степанов Антон Васильевич,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉e-mail: uks.stepanov@mail.ru

Матвеева Мария Витальевна,
д.э.н., профессор, профессор
кафедры экспертизы и управления
недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>
Autor ID: 505831

Пешкова Елена Сергеевна,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: expertiza@istu.edu

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 19.04.2024.
Одобрена после рецензирования 29.04.2024.
Принята к публикации 30.04.2024.

Information about the Authors

Anton V. Stepanov,
Master's Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
✉e-mail: uks.stepanov@mail.ru

Maria V. Matveeva,
Dr. Sci. (Econ.), Professor,
Professor of the Department
of Real Estate Expertise and Management,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>
Autor ID: 505831

ElenaS. Peshkova,
Graduate Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 19.04.2024.
Approved after reviewing 29.04.2024.
Accepted for publication 30.04.2024.