

Проблемы цифровизации управления производственной деятельностью в строительстве

Алабина Татьяна Анатольевна

Магистрант

ORCID: 0009-0001-0241-2338, e-mail: t.alabina@yandex.ru

Государственный университет управления, г. Москва, Россия

Аннотация

Проведено комплексное исследование процессов цифровизации в управлении производственно-хозяйственной деятельностью инвестиционно-строительных компаний. Цель настоящего исследования – анализ потенциальных преимуществ, выявление и систематизация ключевых проблем, препятствующих внедрению цифровых технологий, а также разработка путей к их реализации в специфических условиях строительной отрасли. Методология исследования базируется на системном анализе научной литературы, отраслевых отчетов, экспертных оценок ведущих специалистов и применении кейс-метода для изучения практик цифровой трансформации. Выявлены ключевые направления цифровизации, включая BIM-технологии для сквозного управления жизненным циклом объекта, интегрированные ERP-системы для оптимизации ресурсов, технологии Интернета вещей для мониторинга и контроля, а также элементы искусственного интеллекта для предиктивной аналитики. Определены основные барьеры: высокие первоначальные капитальные затраты и сложности с оценкой ROI, дефицит квалифицированных кадров с междисциплинарными компетенциями, консервативность отрасли и сопротивление изменениям на всех уровнях управления, а также проблемы совместимости и интеграции разнородных программных обеспечений. Предложена поэтапная модель внедрения цифровых технологий: аудит, стратегия, пилотирование и масштабирование. Результаты исследования полезны руководителями и специалистами инвестиционно-строительных компаний при разработке и корректировке корпоративных стратегий цифровой трансформации, а также при принятии инвестиционных решений. Практическая значимость исследования заключается в формировании комплексного подхода к цифровизации процессов, повышающих конкурентоспособность и устойчивость строительного бизнеса. Перспективы исследования связаны с разработкой адаптивных моделей цифровой зрелости для инвестиционно-строительных компаний и оценкой влияния цифровизации на финансово-экономические показатели компаний.

Ключевые слова

Цифровизация, инвестиционно-строительная компания, управление производством, BIM-технологии, цифровая трансформация, ERP-системы, строительная отрасль, управление проектами, Интернет вещей, искусственный интеллект, проблемы внедрения, стратегия цифровизации

Для цитирования: Алабина Т.А. Проблемы цифровизации управления производственной деятельностью в строительстве // Вестник университета. 2026. № 2. С. 38-51.



Issues of production management digitalization in construction

Tatiana A. Alabina

Graduate Student

ORCID: 0009-0001-0241-2338, e-mail: t.alabina@yandex.ru

State University of Management, Moscow, Russia

Abstract

A comprehensive study of digitalization processes in managing production and economic activities of investment and construction companies has been conducted. The purpose of the study is to analyze the potential advantages, identify and systematize the key issues hindering digital technologies integration, as well as to develop ways to implement them in the specific conditions of the construction industry. The research methodology is based on a systematic analysis of scientific literature, industry reports, and expert assessments by leading experts and the use of a case method to study digital transformation practices. Key areas of digitalization have been identified, including BIM technologies for end-to-end facility lifecycle management, integrated ERP systems for resource optimization, Internet of Things technologies for monitoring and control, as well as artificial intelligence elements for predictive analytics. High initial capital costs and difficulties in assessing ROI, a shortage of qualified personnel with interdisciplinary competencies, industry conservatism, and resistance to change at all levels of management, as well as issues of compatibility and integration of heterogeneous software have been identified as the main barriers. A step-by-step model of digital technology implementation – audit, strategy, piloting, and scaling – has been proposed. The study results are useful for managers and specialists of investment and construction companies when developing and adjusting corporate digital transformation strategies, as well as when making investment decisions. The practical significance of the research lies in forming an integrated approach to the digitalization of processes that increase the competitiveness and sustainability of the construction business. The prospects of the research are related to developing adaptive models of digital maturity for investment and construction companies and assessing the impact of digitalization on the financial and economic performance of companies.

Keywords

Digitalization, investment and construction company, production management, BIM technologies, digital transformation, ERP systems, construction industry, project management, Internet of Things, artificial intelligence, implementation issues, digitalization strategy

For citation: Alabina T.A. (2026) Issues of production management digitalization in construction. *Vestnik universiteta*, no. 2, pp. 38-51.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль, являясь одной из ключевых для экономики любой страны, традиционно характеризуется высокой степенью сложности управленческих процессов и одновременно определенным консерватизмом в отношении внедрения инноваций. Однако в последние годы под влиянием глобальных трендов Четвертой промышленной революции наблюдается неуклонный рост интереса к цифровой трансформации всех сфер экономической деятельности, и инвестиционно-строительный комплекс не является исключением. Цифровизация процессов управления производственно-хозяйственной деятельностью инвестиционно-строительных компаний (далее – ИСК) перестает быть просто одним из инструментов повышения конкурентоспособности, превращаясь в необходимое условие их выживания и устойчивого развития на динамично меняющемся рынке.

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающими требованиями к качеству и безопасности строительства, необходимостью сокращения сроков реализации проектов, оптимизации издержек на всех этапах жизненного цикла объекта, а также повышения прозрачности и контролируемости всех производственных и управленческих процессов. Вместе с тем, несмотря на декларируемые преимущества, практическое внедрение цифровых технологий в ИСК сопряжено со значительными трудностями. Существующие научные публикации освещают отдельные аспекты цифровизации, такие как BIM-моделирование или применение ERP-систем, однако ощущается нехватка комплексных исследований, систематизирующих как потенциал, так и весь спектр проблем, с которыми сталкиваются компании, и предлагающих универсальные, но адаптируемые пути их решения.

Целью настоящего исследования является комплексный анализ потенциала цифровизации процессов управления производственно-хозяйственной деятельностью ИСК, выявление и систематизация основных проблем и барьеров на пути цифровой трансформации, а также разработка научно-обоснованных практических рекомендаций и стратегических подходов по реализации цифровых инициатив, адаптированных к специфике строительной отрасли.

Гипотеза исследования заключается в том, что системная, стратегически выверенная и поэтапная цифровизация управленческих и производственных процессов в ИСК способна кардинально повысить эффективность их производственно-хозяйственной деятельности, сократить издержки и сроки реализации проектов, улучшить качество и безопасность строительства. Достижение этих результатов требует не только значительных инвестиций, но и преодоления комплекса глубоко укоренившихся организационных, технологических, кадровых и культурных барьеров, что обуславливает необходимость разработки комплексной методологии управления процессом цифровой трансформации.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования цифровизации процессов управления производственно-хозяйственной деятельностью инвестиционно-строительной компании использовался комбинированный подход, который включает сбор статистических данных и экспертные оценки. Данные методы позволили получить как статистические данные, так и качественные выводы об уровне цифровизации в секторе строительства.

Сбор статистических данных основан на информации Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ) Российской Федерации (далее – РФ, Россия). Данные крупных инфраструктурных проектов в Москве и Санкт-Петербурге основаны на контент-анализе электронных ресурсов инвестиционно-строительной сферы, таких как Synteka.ru, Tangl.cloud, Techart.

Распределение основных барьеров цифровизации в инвестиционно-строительных компаниях составлено на основе метода экспертных оценок как доля компаний, отметивших данную проблему как значимую. В качестве экспертов выступили руководители инвестиционно-строительных компаний.

Все участники опроса дали согласие на участие, а их данные были анонимизированы для сохранения конфиденциальности. К ограничениям исследования относится небольшой размер выборки, что может затруднить генерализацию выводов на всю популяцию. В целом данные методы могут быть использованы другими авторами в своих исследованиях.

НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Цифровизация в строительной отрасли – это не только теоретическая концепция, но и практический инструмент, который уже доказал свою эффективность в России и за рубежом. Так, уровень цифрового

развития строительной отрасли в России оценивается всего в 15 %, что подчеркивает значимость и потенциал дальнейшего внедрения цифровых технологий [1]. Внедрение BIM-моделирования (англ. Building Information Modeling, BIM), ERP-систем, Интернета вещей и искусственного интеллекта позволяет существенно повысить эффективность, сократить сроки и снизить издержки на всех этапах жизненного цикла объекта [2]. Этот процесс предполагает фундаментальную трансформацию бизнес-моделей, создание единой цифровой экосистемы предприятия и переосмысление подходов к управлению на основе собираемых и анализируемых данных [3]. Ключевыми технологическими столпами, на которых базируется цифровая трансформация ИСК, являются информационное моделирование, системы планирования ресурсов предприятия, Интернет вещей и технологии искусственного интеллекта.

Информационное моделирование зданий и сооружений является ключевым элементом современной цифровизации в строительстве. BIM – это процесс коллективного создания и использования информации о строительном объекте, формирующий основу для всех решений на протяжении его жизненного цикла, от стадии концепции и до проектирования, строительства, эксплуатации и последующего сноса. Результатом BIM-процесса является информационная модель – объектно-ориентированная параметрическая 3D-модель, которая содержит не только точные геометрические данные и пространственные характеристики элементов объекта, но и огромное количество атрибутивной информации, такой как материалы, производители, стоимость, сроки монтажа, эксплуатационные характеристики и др. [4].

Многомерность BIM-модели является одним из ее ключевых преимуществ. Трехмерное представление (3D) обеспечивает визуализацию объекта и позволяет автоматически выявлять пространственные коллизии, такие как пересечения инженерных систем или конструктивных элементов, уже на ранних стадиях, что предотвращает дорогостоящие ошибки на стройплощадке. Интеграция 3D-модели с календарно-сетевым графиком работ (4D) позволяет визуализировать последовательность строительства, оптимизировать логистические процессы и эффективно контролировать сроки выполнения работ. Пятое измерение (5D) подразумевает привязку к элементам модели стоимостных параметров, что обеспечивает автоматический расчет объемов работ и материалов, формирование точных смет и бюджетов, а также контроль затрат в режиме реального времени. Шестое измерение (6D) связано с наполнением модели информацией, необходимой для эффективного управления объектом на стадии эксплуатации, включая данные об оборудовании, регламентах обслуживания и гарантийных сроках. Наконец, седьмое измерение (7D) охватывает аспекты экологической устойчивости и безопасности, позволяя анализировать энергоэффективность объекта, оценивать его воздействие на окружающую среду и планировать мероприятия по обеспечению безопасности на всех этапах жизненного цикла.

Важным аспектом BIM является работа всех участников проекта в единой среде данных (англ. Common Data Environment, CDE), что обеспечивает актуальность информации, исключает ее дублирование и потерю, а также улучшает координацию и взаимодействие. Развитие открытых форматов обмена данными, таких как IFC (Industry Foundation Classes), способствует совместимости различных программных продуктов и эффективному обмену информацией между участниками проекта, использующими разное программное обеспечение (далее – ПО), а уровни детализации и проработки модели (англ. Level of Development/Detail, LOD) стандартизируют требования к насыщенности модели информацией на разных стадиях.

BIM-технологии используются в России с середины 2010-х гг., особенно на государственных проектах¹. По данным Министерства строительства и ЖКХ РФ, с 2022 г. применение BIM обязательно для федеральных объектов, что подтверждается нормативными документами и официальными заявлениями ведомства². Примеры успешного внедрения BIM – крупные инфраструктурные проекты в Москве и Санкт-Петербурге. Внедрение BIM позволяет сократить сроки реализации проектов на 15–20 % и уменьшить количество ошибок и переделок³.

Системы планирования ресурсов предприятия играют центральную роль в интеграции и автоматизации ключевых бизнес-процессов ИСК. Современные ERP-системы, адаптированные под специфику

¹ 20 основных документов по цифровизации строительной отрасли. Режим доступа: <https://academy.tsus.ru/20-osnovnyh-dokumentov-po-tsifrovizaczii-stroitelnoj-otrasli/> (дата обращения: 02.12.2025).

² Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Цифровизация – один из ключевых инструментов развития строительной отрасли. Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/press/tsifrovizatsiya-odin-iz-klyuchevykh-instrumentov-razvitiya-stroitelnoy-otrasli/> (дата обращения: 02.12.2025).

³ Цифровизация строительства: зачем нужна и как внедрять. Режим доступа: <https://tangl.cloud/poleznoe/cifrovizaciya-stroitelstva/> (дата обращения: 02.12.2025).

строительной отрасли, представляют собой комплексные программные решения, объединяющие в единую информационную среду управление финансами, проектами, закупками, логистикой, персоналом, основными средствами и взаимоотношениями с контрагентами [5]. Ключевые функциональные модули ERP для ИСК включают управление проектами, что подразумевает планирование этапов и работ, распределение ресурсов, контроль исполнения бюджетов и сроков по каждому проекту, а также управление рисками проекта, часто интегрируясь со специализированными системами управления проектами или BIM-платформами.

ERP-системы широко применяются в российских строительных компаниях. Среди отечественных решений – «1С:ERP Управление строительной организацией», «Галактика ERP», «Парус». Около 40 % крупных компаний используют ERP для интеграции управления проектами, финансами, закупками и персоналом. Встроенные модули CRM и SRM представлены в отечественных решениях: 1С:CRM, «Битрикс24», «Галактика SRM»⁴.

Модуль управления закупками и снабжением позволяет планировать потребности в материалах и услугах, проводить тендеры, управлять контрактами с поставщиками, а также контролировать поставки и складские запасы. Управление человеческими ресурсами (англ. Human Resource Management, HRM) охватывает кадровый учет, расчет заработной платы, планирование рабочего времени, управление компетенциями и обучением персонала, а также оценку эффективности сотрудников. Кроме того, системы ERP часто включают модули управления взаимоотношениями с клиентами и подрядчиками для ведения базы контрагентов, истории взаимодействия и управления договорной работой. Внедрение ERP-системы позволяет ИСК повысить прозрачность деятельности, оптимизировать использование ресурсов, сократить административные издержки и улучшить качество принимаемых управленческих решений за счет доступа к актуальной и консолидированной информации.

Интернет вещей (англ. Internet of Things, далее – IoT) открывает принципиально новые возможности для сбора данных и мониторинга строительных процессов в режиме реального времени. Концепция IoT предполагает объединение физических объектов, таких как строительная техника, оборудование, материалы, конструктивные элементы, инструменты и даже спецодежда рабочих, в единую сеть посредством встроенных датчиков, сенсоров, исполнительных устройств и технологий беспроводной связи, включая Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN и 5G [6].

Примеры применения IoT в строительстве многообразны:

- мониторинг строительной техники и оборудования, позволяющий отслеживать местоположение, расход топлива, время работы и техническое состояние (например, вибрации, температуру двигателя) для предиктивного обслуживания и предотвращения простоев;
- контроль качества материалов и конструкций с помощью датчиков температуры и влажности бетона для контроля процесса твердения или датчиков деформаций и напряжений в конструкциях;
- управление логистикой и материальными потоками посредством RFID-меток и GPS-трекеров на материалах и комплектующих, позволяющее отслеживать их перемещение и предотвращать потери или хищения;
- обеспечение безопасности на стройплощадке через носимые устройства («умные» каски, жилеты) с датчиками падения, геолокации, контроля усталости, а также через газоанализаторы для мониторинга опасных зон;
- мониторинг условий окружающей среды на стройплощадке с помощью датчиков температуры, влажности, уровня шума и запыленности.

Собираемые с IoT-устройств огромные массивы данных (англ. Big Data) могут анализироваться с помощью специализированных платформ и инструментов, предоставляя ценную информацию для оптимизации процессов, повышения безопасности и эффективности.

Искусственный интеллект (далее – ИИ) и машинное обучение (англ. Machine Learning, далее – ML) становятся все более востребованными технологиями для анализа больших данных, генерируемых в строительной отрасли, и принятия интеллектуальных решений. ИИ-алгоритмы способны выявлять скрытые закономерности, делать прогнозы и автоматизировать сложные задачи, которые ранее требовали участия человека. Применение ИИ и ML в ИСК включает предиктивную аналитику для прогнозирования сроков завершения проектов, вероятности возникновения рисков и потребности в ресурсах на основе исторических данных и текущих параметров.

⁴ ERP-система для строительства: зачем нужна и как выбрать. Режим доступа: <https://cynteka.ru/publikatsii/erp-sistema-dlya-stroitelstva/> (дата обращения: 02.12.2025).

В области проектирования используется генеративный дизайн (англ. Generative Design), где алгоритмы ИИ могут генерировать множество вариантов проектных решений, отвечающих заданным критериям (например, прочность, стоимость, энергоэффективность), помогая проектировщикам находить оптимальные решения. Технологии распознавания образов позволяют анализировать фото- и видеоматериалы с дронов или камер на стройплощадке для автоматического выявления дефектов, контроля соблюдения техники безопасности и отслеживания прогресса работ. ИИ также применяется для управления рисками путем идентификации и оценки потенциальных рисков проекта на основе анализа больших объемов текстовой и числовой информации. Чат-боты и виртуальные ассистенты на базе ИИ помогают автоматизировать коммуникации с клиентами и подрядчиками, а также обеспечивают оперативную поддержку сотрудников по типовым вопросам. Интеграция ИИ и ML с другими цифровыми технологиями, такими как BIM и IoT, создает синергетический эффект, позволяя перейти к проактивному управлению строительными проектами. Эти технологии не существуют изолированно – их истинный потенциал раскрывается при комплексной интеграции в единую цифровую платформу ИСК, обеспечивающую сквозной поток данных и беспровное взаимодействие всех участников производственно-хозяйственной деятельности.

Потенциал цифровизации для инвестиционно-строительных компаний охватывает множество аспектов деятельности и может быть систематизирован по следующим направлениям, каждое из которых способствует достижению стратегических целей компании. Внедрение современных цифровых платформ управления проектами позволяет синхронизировать работу всех участников инвестиционно-строительного процесса (заказчиков, проектировщиков, генподрядчиков, субподрядчиков), обеспечивать прозрачность выполнения задач на каждом этапе и оперативно реагировать на отклонения от утвержденного плана. Автоматизированный контроль сроков, ресурсов и бюджетов, а также возможность сценарного моделирования существенно повышают предсказуемость результатов проекта. Исследования показывают, что использование специализированных систем управления проектами может сократить сроки реализации на 15–20 % и уменьшить количество дорогостоящих переделок [7].

Цифровые инструменты, особенно 5D BIM, позволяют создавать детализированные и точные сметы, автоматически рассчитываемые на основе информационной модели. Это исключает многие ошибки ручного подсчета объемов и стоимости работ. Применение предиктивной аналитики и машинного обучения на основе исторических данных и текущих рыночных условий дает возможность более точно прогнозировать потребности в материальных, трудовых и финансовых ресурсах, а также выявлять потенциальные риски перерасхода средств на самых ранних стадиях проекта [8].

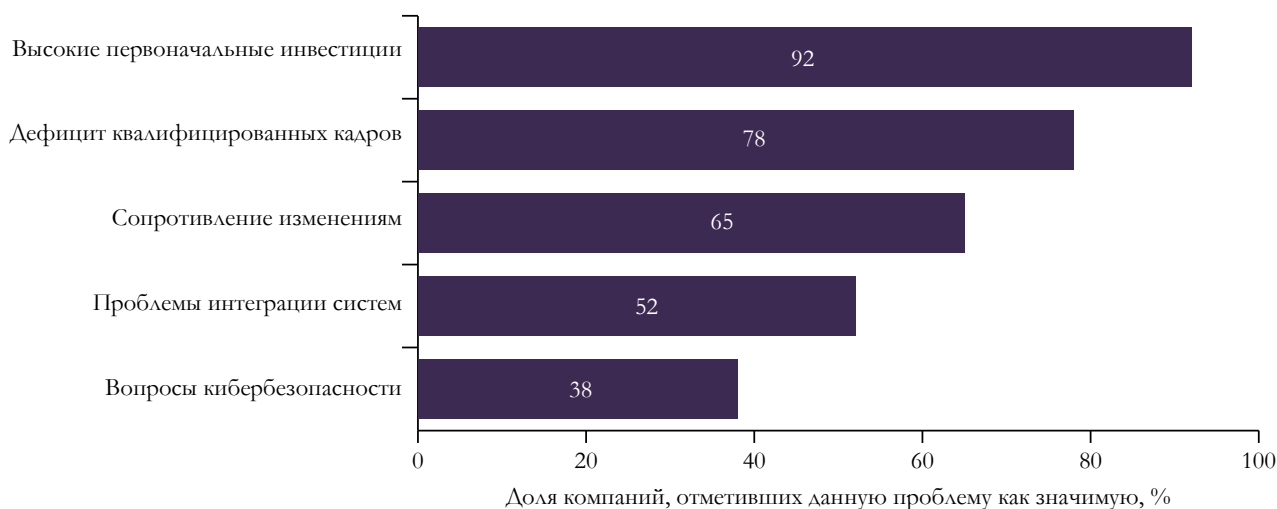
Применение цифровых технологий в строительстве способствует существенному повышению качества работ и уровня безопасности на площадке. Использование дронов для фото- и видеофиксации, лазерного сканирования для проверки геометрии конструкций, датчиков для мониторинга условий твердения бетона и компьютерного зрения для автоматического выявления дефектов позволяет обнаруживать несоответствия проекту и нормативным требованиям на ранних стадиях. Это существенно снижает затраты на устранение недостатков и повышает долговечность объектов. IoT-решения и носимые устройства помогают отслеживать соблюдение правил техники безопасности на площадке, предотвращая несчастные случаи⁵.

Внедрение систем управления цепочками поставок (SCM), интегрированных с ERP и BIM, с использованием технологий RFID-меток, GPS-трекинга (в перспективе и блокчейна) обеспечивает прозрачность движения материалов от поставщика до стройплощадки, снижает риски срыва поставок, оптимизирует складские запасы по принципу «точно в срок» и минимизирует потери материалов [9]. Экономический эффект от комплексной цифровизации может достигать 20–30 % от общего объема затрат на реализацию строительных проектов за счет сокращения непроизводительных расходов, предотвращения ошибок и переделок, оптимизации использования ресурсов, повышения производительности труда и сокращения административных издержек.

⁵ Цифровизация в строительстве: обзор российского рынка 2021 года. Режим доступа: https://techart.ru/download/insights/0009/4955/add_files/digitalization_construction_techart_2021-1640861580.pdf (дата обращения: 02.12.2025).

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И БАРЬЕРЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЯХ

Несмотря на очевидные и значительные преимущества, процесс цифровой трансформации в инвестиционно-строительных компаниях сталкивается с рядом существенных проблем и многоуровневых барьеров, требующих внимательного анализа и целенаправленных усилий для их преодоления. Данные проблемы указаны на рисунке.



Составлено автором по материалам исследования

Рисунок. Распределение основных барьеров цифровизации в инвестиционно-строительных компаниях

1. Высокие первоначальные инвестиции и неопределенность ROI. Внедрение комплексных цифровых решений, таких как полномасштабное BIM-проектирование, ERP-системы или передовые IoT-платформы, требует значительных капитальных вложений в ПО, современное оборудование, обучение и переподготовку персонала, а также в реинжиниринг существующих бизнес-процессов. Для многих компаний, особенно среднего и малого бизнеса, такие инвестиции представляют серьезную финансовую нагрузку [10].

Для проектной группы из 20 чел. только годовые лицензии на популярное BIM-ПО (как Autodesk AEC Collection) могут обойтись в 4–5 млн руб. в год. Внедрение ERP-системы, такой как 1C:ERP, для среднего строительного холдинга – это проект стоимостью от 15 до 50+ млн руб., где стоимость самих лицензий составляет лишь 10–15%, остальное – работа консультантов.⁶ BIM-модель крупного жилого комплекса «весит» десятки ГБ. Для работы с ней рядовому проектировщику нужен не офисный ноутбук, а рабочая станция стоимостью 250–400 тыс. руб. Для команды из 20 чел. понадобятся еще 5–8 млн руб. только на оборудование. Обучить одного специалиста работе в BIM с нуля до уверенного уровня стоит от 100 до 300 тыс. руб. Главная проблема – падение производительности в период обучения, которое может длиться 6–12 мес. В этот период компания платит полную зарплату сотрудникам, которые работают медленнее, чем раньше.

Заработная плата специалистов, осуществляющих управление внедрением и сопровождением BIM-технологий, являющихся ключевым фактором успеха интеграции данной системы, начинается от 200–250 тыс. руб. в месяц. Руководитель не может посчитать, когда вернутся эти десятки миллионов. Как в рублях оценить «улучшение координации»? Можно лишь постфактум сказать: «Мы избежали 15 серьезных коллизий на стройке, которые, вероятно, стоили бы нам 30 миллионов рублей на переделках». Это «вероятно» не убеждает инвестора, который требует точный бизнес-план.

2. Дефицит квалифицированных кадров и нехватка компетенций. Успешная цифровизация требует наличия специалистов, обладающих междисциплинарными компетенциями, сочетающими глубокие

⁶ Стоимость внедрения 1C:ERP для бизнеса: что важно учесть. Режим доступа: <https://companies.rbc.ru/news/5i6xjmwDbF/stoimost-vnedreniya-1serp-dlya-biznesa-cto-vazhno-uchest/> (дата обращения: 02.12.2025).

знания в строительной сфере с продвинутыми навыками в области информационных технологий, анализа данных и управления цифровыми проектами. Острая нехватка таких кадров на рынке труда, а также недостаточный уровень цифровой грамотности у существующего персонала существенно замедляют процессы освоения и эффективного использования новых технологий [11].

Проблема не в том, что отсутствует рабочая сила, а в том, что на рынке практически нет специалистов с нужным набором навыков, а их подготовка – долгий и дорогой процесс. Компании нужен не просто ИТ-специалист (ИТ – информационные технологии) или «строитель». Нужен BIM-координатор, который понимает и строительные нормы (СНиПы), и то, как настроить совместную работу в Revit или Renga (персональный компьютер (далее – ПК) для BIM). Нужен инженер производственно-технического отдела, который может не просто читать чертежи, а выгружать объемы работ напрямую из 3D-модели. Таких специалистов на всю страну – единицы тысяч, а спрос – десятки тысяч. Вузы до сих пор учат в основном чертить в 2D (например, в AutoCAD). Выпускник приходит в компанию, и его нужно один–два года переучивать на реальные BIM-инструменты за счет компании. Он не знает, что такое IFC-классификаторы, как работать с облаком точек лазерного сканирования или как настроить проверку на коллизии в Navisworks. Дефицит приводит к тому, что опытного BIM-менеджера компании переманивают друг у друга, предлагая зарплаты, сопоставимые с зарплатами топ-менеджеров (350–500 тыс. руб. в месяц). Для среднего бизнеса это неподъемные расходы на одного непрофильного сотрудника.

3. Сопротивление изменениям со стороны персонала и консерватизм отрасли. Строительная отрасль традиционно считается одной из наиболее консервативных. Внедрение новых технологий неизбежно ломает устоявшиеся десятилетиями бизнес-процессы, требует от сотрудников освоения новых навыков, изменения привычных методов работы и зон ответственности. Это часто встречает пассивное или активное сопротивление на всех уровнях организации. Преодоление психологических барьеров требует системной работы по управлению изменениями, разъяснению выгод и формированию новой цифровой культуры [12]. Примеры указаны в таблице.

Таблица

Примеры сопротивления изменениям со стороны персонала

Категория персонала	Описание ситуации сопротивления BIM	Ключевые детерминанты сопротивления	Последствия для эффективности внедрения BIM	Механизмы нивелирования негативного воздействия
Специалист по производству работ (Прораб)	Предпочтение традиционным методам работы с бумажной документацией, несмотря на наличие цифровых 3D-моделей. Запрос на изготовление печатных копий чертежей	Консервативность мышления, недостаточное владение инструментами цифрового моделирования, субъективная оценка повышенной сложности работы с BIM	Снижение эффективности оперативного управления строительным процессом, игнорирование возможности цифрового авторского надзора, потенциальные задержки в принятии решений	Организация специализированных курсов обучения по работе с BIM-инструментарием, разработка упрощенных интерфейсов, демонстрация преимуществ BIM на конкретных примерах решаемых задач
Специалист по сметному делу (Сметчик)	Игнорирование информации, содержащейся в BIM-модели, и продолжение использования традиционных методов подсчета объемов работ на основе 2D-чертежей	Восприятие BIM как избыточного инструмента, требующего дополнительных усилий по проверке атрибутов элементов модели, опасение увеличения времени выполнения задач	Дублирование затрат, потенциальное возникновение несоответствий между данными, полученными традиционными и BIM-методами, снижение достоверности сметной документации	Разработка автоматизированных инструментов для извлечения данных из BIM-модели, интеграция BIM с системами сметного нормирования, проведение обучающих мероприятий по использованию BIM для повышения точности смет

Категория персонала	Описание ситуации сопротивления BIM	Ключевые детерминанты сопротивления	Последствия для эффективности внедрения BIM	Механизмы нивелирования негативного воздействия
Руководитель структурного подразделения (Начальник отдела)	Скрытый саботаж внедрения BIM-технологий, проявляющийся в задержке предоставления информации, критике системы и игнорировании необходимых действий по поддержке	Опасение потери профессиональной ценности и контроля над информацией в связи с повышением прозрачности процессов и автоматизацией рутинных задач	Замедление темпов внедрения BIM, дезорганизация информационных потоков, формирование негативного отношения к BIM среди подчиненных	Интеграция руководителей в процесс внедрения BIM, определение новых функциональных обязанностей, основанных на использовании BIM, создание стимулов для активного участия в развитии системы

Составлено автором по материалам исследования

4. Фрагментация технологических решений и проблемы интеграции. На рынке представлено множество разнообразных цифровых продуктов и платформ для строительства от различных вендоров, которые часто плохо или вовсе не интегрируются между собой. Отсутствие единых отраслевых стандартов обмена данными, форматов файлов и протоколов взаимодействия создает серьезные проблемы при попытке построения целостной, сквозной цифровой экосистемы предприятия и затрудняет обмен информацией между участниками проекта [13].

Это проблема «цифрового зоопарка», где программы не могут «договориться» между собой, что приводит к прямой потере данных и денег: архитекторы создали модель здания в ПК ArchiCAD. Конструкторы работают в ПК Autodesk Revit (ПК для BIM), инженеры-сетевики – в nanoCAD (САПР – система автоматизированного проектирования). Чтобы собрать все воедино, используется формат IFC. При передаче модели из ArchiCAD в Revit через IFC удаляется часть текстур и материалов. При передаче конструкторской модели в сметную программу ABC исчезает часть параметров арматуры, и сметчику приходится перепроверять данные вручную, сводя на нет всю автоматизацию.

5. Вопросы кибербезопасности и защиты данных. Перевод бизнес-процессов и проектной документации в цифровой формат создает новые риски, связанные с защитой конфиденциальной информации (коммерческая тайна, персональные данные, финансовые данные, интеллектуальная собственность в проектных решениях) от несанкционированного доступа, утечек, кибератак и вредоносного ПО. Обеспечение надежной защиты от киберугроз требует дополнительных инвестиций в специализированные решения и привлечение экспертов по информационной безопасности [14].

Конкретный вектор атаки заключается в следующем. На почту главному бухгалтеру приходит письмо якобы от генподрядчика с поддельным счетом на оплату. Бухгалтер, не заметив мелких несоответствий в адресе, оплачивает несколько миллионов рублей мошенникам. При цифровом документообороте без строгих правил безопасности (например, без многофакторной аутентификации для крупных платежей) такой риск многократно возрастает. Угроза для BIM состоит в том, что вирус-шифровальщик проникает в локальную сеть компании и блокирует доступ к серверу, где хранится единственная актуальная BIM-модель строящегося объекта. Стройка останавливается, потому что у прораба нет доступа к рабочим чертежам. За каждый день простоя компания платит неустойку. Злоумышленники требуют выкуп в десятки тысяч долларов США за расшифровку данных.

Рассмотрим пример утечки. Недовольный уволенный сотрудник, у которого остался доступ к облачному хранилищу, скачивает всю проектную документацию по новому жилому комплексу, включая планировки и финансовую модель, и продает ее конкурентам. Компания теряет свое конкурентное преимущество и будущую прибыль.

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНУЮ КОМПАНИЮ

На основе анализа успешных практик цифровизации в мировой и отечественной строительных

отраслях, а также с учетом выявленных проблем можно выделить следующие ключевые стратегические подходы и практические шаги к реализации цифровой трансформации в инвестиционно-строительной компании.

1. Поэтапный подход к внедрению и пилотирование. Вместо рискованной попытки одномоментной и всеобъемлющей трансформации всех процессов рекомендуется применять поэтапный, эволюционный подход. Он предполагает начало с пилотных проектов в наиболее критичных или перспективных областях (например, внедрение BIM на одном знаковом объекте, автоматизация конкретного бизнес-процесса). Такой подход позволяет минимизировать первоначальные риски и затраты, накопить практический опыт, обучить команду, наглядно продемонстрировать преимущества («быстрые победы») и на основе полученных результатов принимать взвешенные решения о дальнейшем масштабировании [15].

2. Формирование комплексной цифровой стратегии. Успешная цифровизация невозможна без разработки четкой, долгосрочной и детализированной стратегии, которая должна быть неразрывно связана с общей бизнес-стратегией компании и ее целями. Стратегия должна определять приоритетные направления цифровизации, конкретные цели и ключевые показатели эффективности (далее – KPI), этапы внедрения, необходимые ресурсы (финансовые, человеческие, технологические), ключевые технологии, а также ожидаемые качественные и количественные результаты. Важно, чтобы стратегия была гибкой и допускала корректировку в соответствии с меняющимися условиями [16].

3. Инвестиции в развитие цифровых компетенций и культуры. Человеческий фактор является критически важным для успеха цифровой трансформации. Необходимо создание системы непрерывного обучения и развития персонала, включающей как внутренние тренинги и программы повышения квалификации, так и сотрудничество с ведущими образовательными учреждениями и учебными центрами. Формирование цифровой культуры, поощряющей инновации, эксперименты, обмен знаниями и готовность к изменениям, должно стать приоритетом для руководства [17].

4. Создание партнерских экосистем и использование внешнего опыта. Эффективная цифровизация часто требует тесного сотрудничества с технологическими компаниями-вендорами, системными интеграторами, консалтинговыми фирмами, отраслевыми стартапами и научно-исследовательскими центрами. Формирование партнерских экосистем позволяет получить доступ к передовым технологиям, недостающей экспертизе, лучшим практикам и инновационным решениям, которые сложно разработать исключительно собственными силами [18].

5. Стандартизация, унификация процессов и управление данными. Перед тем как внедрять цифровые технологии, необходимо провести тщательный анализ, оптимизацию и стандартизацию существующих бизнес-процессов. Автоматизация хаотичных или неэффективных процессов не принесет ожидаемого эффекта, а лишь усугубит проблемы. Особое внимание следует уделить вопросам управления данными: созданию единых классификаторов, регламентов сбора, хранения, обработки и обмена информацией, обеспечению качества и достоверности данных [19].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЦИФРОВИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЯХ

Для успешной реализации программы цифровизации инвестиционно-строительным компаниям рекомендуется следовать структурированному алгоритму действий, который может быть гибко адаптирован под конкретные условия и масштабы организации. Первым шагом на этом пути является проведение всестороннего цифрового аудита и оценки текущего уровня зрелости компании. Эта процедура предполагает комплексный анализ по различным направлениям, включая используемые технологии, существующие бизнес-процессы, уровень цифровых компетенций персонала, сложившуюся корпоративную культуру и наличие формализованной цифровой стратегии. В рамках аудита проводится инвентаризация ИТ-систем, оценивается эффективность ключевых процессов, выявляются пробелы в цифровых навыках сотрудников. Результатом такого глубокого анализа должно стать четкое понимание сильных и слабых сторон компании в контексте цифровизации, идентификация «узких мест» и определение первоочередных областей, требующих цифровых улучшений и инвестиций.

На основе разработанной цифровой стратегии и данных, полученных в ходе аудита, формируется детализированная дорожная карта цифровизации. Этот документ представляет собой пошаговый план цифровой

трансформации, включающий перечень конкретных цифровых проектов и инициатив, их приоритетность, четко сформулированные цели и измеримые КРІ. В дорожной карте также должны быть определены сроки реализации каждого этапа, требуемые бюджеты, необходимые материальные и человеческие ресурсы, а также назначены ответственные лица или подразделения за выполнение поставленных задач.

Для эффективной координации и управления сложным процессом цифровизации целесообразно создать специализированную структуру – центр компетенций или выделенную проектную команду. Такой центр может быть сформирован как постоянно действующее подразделение (например, отдел цифровой трансформации) или как временная рабочая группа, состоящая из представителей ключевых бизнес-подразделений и ИТ-специалистов. Основной задачей этой структуры является реализация утвержденной дорожной карты, непрерывный мониторинг прогресса, оперативное решение возникающих проблем и обеспечение взаимодействия между всеми участниками процесса.

Следующим важным этапом является обоснованный выбор технологической платформы и конкретных цифровых решений. Этот выбор должен базироваться на четко определенных критериях, таких как полное соответствие программных продуктов бизнес-требованиям компании, их масштабируемость и гибкость для адаптации к будущим изменениям, возможности интеграции с существующими информационными системами, совокупная стоимость владения (ТСО), качество и доступность технической поддержки, а также перспективы дальнейшего развития выбранного решения. Критически важно избегать лоскутной автоматизации, когда внедряются разрозненные, не связанные между собой системы, и стремиться к созданию единой, интегрированной информационной среды предприятия.

Перед полномасштабным развертыванием новых технологий на всю компанию настоятельно рекомендуется провести запуск пилотных проектов и тестирование выдвинутых гипотез на ограниченном масштабе. Пилотные проекты позволяют отработать выбранные технологии и оптимизировать сопутствующие процессы в реальных условиях с минимальными рисками, выявить непредвиденные сложности и узкие места, собрать ценную обратную связь от конечных пользователей, а также объективно оценить экономический эффект и другие выгоды от внедрения. Полученные в ходе пилотирования результаты и опыт ложатся в основу принятия решения о тиражировании решения и при необходимости позволяют скорректировать дальнейшие планы.

После успешного завершения пилотных проектов и подтверждения их эффективности, проверенные и адаптированные цифровые решения тиражируются на всю организацию или на соответствующие подразделения. Этот этап масштабирования должен сопровождаться целенаправленной и активной работой по управлению изменениями. Это включает организацию обучения пользователей работе с новыми системами, широкую коммуникацию преимуществ внедряемых технологий для каждого сотрудника и компании в целом, систематическую работу по преодолению возможного сопротивления изменениям и постепенную адаптацию корпоративной культуры к новым цифровым реалиям.

Наконец, важно понимать, что цифровая трансформация – это не разовый проект с четким началом и концом, а непрерывный процесс эволюции и совершенствования. В связи с этим необходимо внедрить систему регулярного мониторинга ключевых показателей эффективности реализуемых цифровых инициатив, постоянно собирать обратную связь от пользователей и других заинтересованных сторон, анализировать полученные результаты и на их основе постоянно улучшать внедренные решения и связанные с ними бизнес-процессы. Также требуется периодически пересматривать и адаптировать общую стратегию цифровизации компании в соответствии с новыми технологическими трендами, изменениями на рынке и новыми вызовами, стоящими перед бизнесом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровизация процессов управления производственно-хозяйственной деятельностью представляет собой не просто тренд, а стратегический императив для современных инвестиционно-строительных компаний, стремящихся к повышению эффективности, конкурентоспособности и устойчивому развитию в условиях быстро меняющейся экономической среды и ужесточения рыночных требований. Потенциал цифровых технологий, таких как BIM, ERP, IoT, ИИ, для оптимизации всех этапов жизненного цикла строительного объекта – от концепции и проектирования до эксплуатации и сноса – огромен. Их внедрение позволяет существенно сократить сроки и стоимость строительства, повысить качество работ и безопасность на площадках, улучшить точность планирования и прогнозирования, а также обеспечить прозрачность и контролируемость всех процессов.

Однако, как показало исследование, реализация этого потенциала сопряжена с необходимостью преодоления целого ряда серьезных барьеров, включая высокие финансовые затраты, дефицит квалифицированных кадров, консерватизм отраслевой культуры, проблемы интеграции разнородных систем и риски кибербезопасности. Успешная цифровая трансформация требует не просто закупки нового ПО, а глубокой перестройки бизнес-процессов, изменения менталитета сотрудников и формирования новой корпоративной культуры, ориентированной на инновации и данные. Ключом к успеху является системный, комплексный и стратегически выверенный подход, предполагающий разработку четкой дорожной карты, поэтапное внедрение технологий с обязательным пилотированием, активные инвестиции в обучение и развитие персонала, а также готовность руководства выступать лидером изменений. Гипотеза о том, что системная цифровизация способна кардинально повысить эффективность ИСК при условии преодоления существующих барьеров, нашла свое подтверждение.

Дальнейшие направления исследований в данной области могут включать разработку отраслевых стандартов цифровизации и обмена данными, создание универсальных методик оценки экономической эффективности и возврата инвестиций от внедрения конкретных цифровых проектов в строительстве, исследование влияния цифровизации на модели управления рисками в ИСК, а также анализ лучших практик адаптации малых и средних строительных предприятий к условиям цифровой экономики и разработку специализированных моделей цифровой зрелости для них. Также перспективным является изучение возможностей применения технологий распределенного реестра (блокчейн) для повышения прозрачности контрактных отношений и финансовых потоков в строительных проектах.

Список литературы

1. Ващенко, Т. В. Цифровые технологии в строительной отрасли: проблемы и перспективы внедрения / Т. В. Ващенко // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № S2. – EDN VSZCCS.
2. Половникова, Н. А. Цифровизация в строительстве в России / Н. А. Половникова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 12-2(94). – С. 102–105. – EDN QVTLPC.
3. Степанов, А. В., Матвеева, М. В., Пешкова, Е. С. Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы / А. В. Степанов, М. В. Матвеева, Е. С. Пешкова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2024. – Т. 14, № 2(49). – С. 356–366. – DOI 10.21285/2227-2917-2024-2-356-366. – EDN SJHНКТ.
4. Фонтокина, В. А., Савенко, А. А., Самарский, Е. Д. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В. А. Фонтокина, А. А. Савенко, Е. Д. Самарский // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 1. – EDN IPTBYB.
5. Колчин, В. Н. Применение ERP-систем в строительстве / В. Н. Колчин // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 274–276. – EDN YDSHLB.
6. Чудаева, А. А., Барышев, Д. В. Инкорпорация цифровых технологий в строительство: текущая ситуация и перспективы / А. А. Чудаева, Д. В. Барышев // Теория и практика общественного развития. – 2023. – № 6(182). – С. 198–205. – DOI 10.24158/tipor.2023.6.25. – EDN SXCDXC.
7. Шехмаматьева, Д. А. Преимущества цифровых платформ в управлении строительными проектами / Д. А. Шехмаматьева // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2023 г. / Под общей редакцией А. А. Семенова. – СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 410–416. – DOI 10.23968/BIMAC.2023.057. – EDN ACVLAO.
8. Ратаев, В. П., Шматко, А. Д. Использование искусственного интеллекта в расчетах и планировании строительных проектов: перспективы и возможности / В. П. Ратаев, А. Д. Шматко // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 1(114). – С. 1126–1128. – EDN JSETRJ.
9. Бессарабов, Б. Г., Буликов, С. Н. Блокчейн в управлении строительным производством / Б. Г. Бессарабов, С. Н. Буликов // Интеллектуальные системы управления в цифровой экономике: материалы Форум молодых ученых, Курск, 26–27 марта 2020 г. / Под редакцией О.Н. Пронской. – Курск: Курский государственный университет, 2020. – С. 24–27. – EDN TVMBXO.
10. Ступникова, Е. А., Оленина, О. А., Разуваев, А. Д., Тришина, А. А., Алентьева, Я. Г. Экономические аспекты цифровизации в строительном комплексе / Е. А. Ступникова, О. А. Оленина, А. Д. Разуваев, А. А. Тришина, Я. Г. Алентьева // Бизнес и дизайн ревю. – 2022. – № 4(28). – С. 42–50. – DOI 10.56565/25419951_2022_4_42. – EDN IGXZQG.

11. Кириченко, Д. А., Колесников, Н. И. Управление персоналом в условиях цифровой трансформации / Д. А. Кириченко, Н. И. Колесников // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2020. – № 1(38). – С. 87–92. – EDN SKHWVN.
12. Тыров, И. А., Токарев, А. С., Небытова, А. К., Завалко, А. Ф. Управление изменениями в процессе внедрения цифровых технологий в медицинских организациях стационарного звена: опыт города Москвы / И. А. Тыров, А. С. Токарев, А. К. Небытова, А. Ф. Завалко // Национальное здравоохранение. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 47–54. – DOI 10.47093/2713-069X.2021.2.2.47-54. – EDN OJYSPD.
13. Борисова, Л. А., Абидов, М. Х. Проблемы цифровизации строительной отрасли / Л. А. Борисова, М. Х. Абидов // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. – 2019. – № 3. – С. 53–58. – DOI 10.24411/2412-2025-2019-00041. – EDN KKBLFY.
14. Шевко, Н. Р., Коростиева, В. С. Кибербезопасность в строительстве / Н. Р. Шевко, В. С. Коростиева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 2(36). – С. 172–175. – EDN KCNVJX.
15. Березин, А. О., Козаков, Р. Р. Методика определения необходимости интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы строительной организации / А. О. Березин, Р. Р. Козаков // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 4(87). – С. 149–156. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-149-156. – EDN LJNHIQ.
16. Гриневич, Я. А., Зеленцова, Е. А. Стратегическое планирование в условиях цифровой трансформации: вызовы и возможности / Я. А. Гриневич, Е. А. Зеленцова // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXIV Всероссийского симпозиума, Москва, 11–12 апреля 2023 г. / Под редакцией Г.Б. Клейнера. – М.: Центральный экономико-математический институт РАН, 2023. – С. 56–62. – DOI 10.34706/978-5-8211-0814-2-s1-12. – EDN FYTIPU.
17. Басова, Д. Н. Цифровые компетенции в строительстве: подготовка специалистов для работы с BIM / Д. Н. Басова // Образование. Наука. Производство: материалы XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 г. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 48–51. – EDN JGZFZE.
18. Ковалевская, О. С., Чапаров, Б. Экосистемный подход развития строительных компаний в условиях цифровизации / О. С. Ковалевская, Б. Чапаров // Строительный комплекс: экономика, управление, инвестиции: межвузовский сборник научных трудов. – СПб: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2023. – С. 25–32. – EDN NEVDSZ.
19. Плис, С. А., Идигова, Л. М. Эффективная оптимизация бизнес-процессов – основа выбора стратегии компаний в условиях цифровизации / С. А. Плис, Л. М. Идигова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 11-2(86). – С. 137–140. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-11-2-137-140. – EDN NHRWZT.

References

1. Vashchenko, T. V. (2024). Digital technologies in the construction industry: problems and prospects of implementation. *Bulletin of Eurasian Science*, 16(s2). (In Russian).
2. Polovnikova, N. A. (2022). Digitalization in construction in Russia. *Economics and Business: Theory and Practice*, 94(12-2), 102–105. (In Russian).
3. Stepanov, A. V., Matveeva, M. V., & Peshkova, E. S. (2024). Digitalization of the construction industry: prospects and challenges. *Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty*, 14(2), 356–366. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-356-366>
4. Fontokina, V. A., Savenko, A. A., & Samarsky, E. D. (2022). The role of BIM technologies in the organization and technology of construction. *Bulletin of Eurasian Science*, 14(1). (In Russian).
5. Kolchin, V. N. (2021). Application of ERP systems in construction. *Innovations and investments*, 3, 274–276. (In Russian).
6. Chudaeva, A. A., Baryshev, D. V. (2023). Incorporation of digital technologies into construction: the current situation and prospects. *Theory and practice of social development*, 6(182), 198–205. (In Russian). <https://doi.org/10.24158/tipor.2023.6.25>
7. Shekhmametyeva, D. A. (2023). Advantages of digital platforms in construction project management. In: *BIM modeling in construction and architecture problems: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, April 19–21, 2023*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. (In Russian). <https://doi.org/10.23968/BIMAC.2023.057>
8. Rataev, V. P., Shmatko, A. D. (2020). The use of artificial intelligence in calculations and planning of construction projects: prospects and opportunities. *Economics and entrepreneurship*, 1(114), 1126–1128. (In Russian).

9. Bessarabov, B. G., Bulikov, S. N. (2020). Blockchain in construction production management. In: *Intelligent Management Systems in the Digital Economy: Proceedings of the Forum of Young Scientists*, Kursk, March 26–27, 2020. Kursk: Kursk State University. (In Russian).
10. Stupnikova, E. A., Olenina, O. A., Razuvaev, A. D., Trishina, A. A., & Alentyeva, Ya. G. (2022). Economic aspects of digitalization in the construction complex. *Business and Design Review*, 4(28), 42–50. (In Russian). https://doi.org/10.56565/25419951_2022_4_42
11. Kirichenko, D. A., Kolesnikov, N. I. (2020). Personnel management in the context of digital transformation. *Academic Bulletin of the Rostov branch of the Russian Customs Academy*, 1(38), 87–92. (In Russian).
12. Tyrov, I. A., Tokarev, A. S., Nebytova, A. K., & Zavalko, A. F. (2021). Change management in the process of introducing digital technologies in inpatient medical organizations: the experience of the city of Moscow. *National Healthcare*, 2(2), 47–54. (In Russian). <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.47-54>
13. Borisova, L. A., Abidov, M. H. (2019). Problems of digitalization of the construction industry. *UES: management, economics, politics, sociology*, 3, 53–58. (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2412-2025-2019-00041>.
14. Shevko, N. R., Korostieva, V. S. (2025). Cybersecurity in construction. *Information technologies in construction, social and economic systems*, 2(36), 172–175. (In Russian).
15. Berezin, A. O., Kozakov, R. R. (2021). Methodology for determining the need to integrate digital technologies into the business processes of a construction organization. *Bulletin of Civil Engineers*, 4(87), 149–156. (In Russian). <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-4-149-156>.
16. Grinevich, Ya. A., Zelentsova, E. A. (2023). Strategic planning in the context of digital transformation: challenges and opportunities. In: *Strategic Planning and Enterprise development: Proceedings of the XXIV All-Russian Symposium*, Moscow, April 11–12, 2023. Moscow: Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences. (In Russian). <https://doi.org/10.34706/978-5-8211-0814-2-s1-12>.
17. Basova, D. N. (2024). Digital competencies in construction: training specialists to work with BIM. In: *Education. Science. Production: Proceedings of the XVI International Youth Forum, Belgorod, October 30–31, 2024*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. (In Russian).
18. Kovalevskaya, O. S., Chaparov, B. (2023). Ecosystem approach to the development of construction companies in the context of digitalization. In: *Building complex: economics, management, investments: interuniversity collection of scientific papers*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Economics. (In Russian).
19. Plis, S. A., Idigova, L. M. (2023). Effective optimization of business processes is the basis for choosing a company strategy in the context of digitalization. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 11-2(86), 137–140. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-11-2-137-140>.