

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ**

**Ковалева Татьяна Сергеевна**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и материалов Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)*

*г. Санкт-Петербург, Россия*

### **Аннотация**

В данной научной статье проводится исчерпывающий, глубокий аналитический обзор текущего состояния строительной индустрии в контексте масштабной цифровой трансформации экономических процессов. Актуальность работы обусловлена необходимостью преодоления системных проблем традиционного строительного производства, таких как низкая производительность труда, высокий уровень операционных издержек, неэффективное распределение ресурсов и затянутые сроки реализации инвестиционно-строительных проектов. Авторы детально рассматривают методологию внедрения технологий информационного моделирования зданий, более известных как BIM-технологии, на всех этапах жизненного цикла объекта: от концептуального проектирования и архитектурных изысканий до стадии возведения, эксплуатации и последующей утилизации. В статье аргументированно доказывается, что переход к использованию цифровых двойников зданий позволяет не только минимизировать количество проектных ошибок на ранних стадиях, но и кардинально повысить уровень энергетической эффективности и экологической устойчивости возводимых конструкций. Особое внимание уделено вопросам интеграции технологий интернета вещей, искусственного интеллекта и автоматизированных систем управления механизмами непосредственно на строительной площадке. В работе представлены результаты сравнительного анализа методов управления проектами, включая гибкие подходы и классические календарно-сетевые графики, усиленные современными средствами аналитики больших данных. Предложенная авторами концепция формирования единой среды общих данных в рамках цифрового управления проектами позволяет обеспечить прозрачность взаимодействия между заказчиком, генеральным подрядчиком, субподрядными организациями и государственными надзорными органами.

**Ключевые слова:** строительство, информационное моделирование зданий, цифровые двойники, BIM, управление проектами, инновации, жизненный цикл, автоматизация, производительность, устойчивое развитие.

## **Tatyana S. Kovaleva**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Construction Technologies and Materials Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)  
Saint Petersburg, Russia

### **Abstract**

This scientific article provides an exhaustive analytical review of the current state of the construction industry in the context of large-scale digital transformation of economic processes. The relevance of the work is driven by the need to overcome systemic problems of traditional construction production, such as low labor productivity, high operating costs, inefficient resource allocation, and delayed project timelines. The authors examine in detail the methodology of implementing building information modeling (BIM) technologies throughout the entire object lifecycle: from conceptual design and architectural surveys to construction, operation, and disposal stages. The article argues that the shift to using digital twins allows for minimizing design errors at early stages while significantly increasing energy efficiency and environmental sustainability of structures. Special attention is paid to integrating IoT, AI, and automated machine management systems directly on construction sites. The paper presents a comparative analysis of project management methods, including agile approaches and traditional schedule-based planning enhanced by big data analytics. The proposed concept of establishing a Common Data Environment within digital project management ensures transparency between stakeholders. The research results justify the need for a comprehensive review of engineering staff training to work in high-tech environments, which is a crucial factor for ensuring competitiveness and technological sovereignty in the construction sector.

**Keywords:** construction, building information modeling, digital twins, BIM, project management, innovation, lifecycle, automation, productivity, sustainable development.

### **Введение**

Современная строительная отрасль является одним из фундаментальных столпов мировой экономики, однако по темпам внедрения инноваций она исторически уступает другим секторам, таким как автомобилестроение или информационные технологии. Традиционные методы управления, основанные на жесткой иерархии, бумажном документообороте и разрозненности данных на разных этапах жизненного цикла объекта, создают существенные барьеры для достижения высокой эффективности. Проблема усложняется возрастающей сложностью архитектурных решений, ужесточением экологических требований к материалам и необходимостью сокращения сроков ввода объектов в эксплуатацию.

Актуальность нашего исследования заключается в поиске путей преодоления так называемого «кризиса производительности» в строительстве. Мы рассматриваем переход к цифровизации как комплексную трансформацию, включающую не

только программное обеспечение, но и изменение бизнес-процессов, переобучение персонала и адаптацию законодательной базы под новые реалии цифрового управления. В рамках статьи мы ставим перед собой цель не просто описать существующие инструменты, но и разработать методологическую базу для оценки эффективности инвестиций в цифровые решения. Особое внимание уделено тому, как использование BIM-технологий влияет на снижение затрат на этапе эксплуатации, где, согласно статистическим данным, формируется более семидесяти процентов общей стоимости жизненного цикла здания. Мы также анализируем роль государства как регулятора и заказчика, способного задать стандарты цифрового взаимодействия для всей отрасли. В эпоху, когда скорость принятия решений становится ключевым фактором успеха, наличие у компании цифровой инфраструктуры перестает быть конкурентным преимуществом, становясь обязательным требованием для сохранения жизнеспособности на рынке. Наше исследование направлено на то, чтобы наглядно продемонстрировать, как синергия современных инженерных подходов и инструментов больших данных может превратить строительство из высокорискованной и непредсказуемой деятельности в точный, управляемый процесс.

## **Материалы и методы исследования**

Методологическая основа настоящей работы базируется на использовании комплекса общенаучных методов, включающих сравнительный анализ, экспертное моделирование, системный подход и методы статистической обработки данных. Мы проанализировали более сорока инвестиционно-строительных проектов, реализованных за последние пять лет в различных регионах Российской Федерации, для оценки корреляции между степенью внедрения BIM-инструментов и показателями итоговой рентабельности. Использовались методы системного проектирования ИТ-архитектур, позволившие оценить совместимость различных программных продуктов, применяемых проектировщиками, сметчиками и строительными компаниями.

В качестве основного аналитического метода был применен аппарат имитационного моделирования, который позволил сравнить традиционный процесс возведения монолитных конструкций с процессом, поддерживаемым цифровым двойником. Для сбора первичной информации применялось анкетирование руководителей высшего звена и главных инженеров проектных организаций, что дало возможность выявить не только технологические, но и организационные барьеры внедрения инноваций, такие как сопротивление изменениям со стороны консервативно настроенных сотрудников и отсутствие единой системы мотивации. Отдельно был проведен анализ нормативно-правовой документации, регламентирующей процессы информационного моделирования в различных юрисдикциях, с целью выделения лучших практик, применимых в условиях отечественной специфики. Использование эконометрических методов позволило рассчитать точку безубыточности при внедрении дорогостоящих систем автоматизации и обосновать целесообразность инвестиций в долгосрочной

перспективе. Исследование опирается на принципы доказательного проектирования, предполагающие, что каждое решение должно подкрепляться данными о его влиянии на общую стоимость, сроки и качество конечного продукта.

## **Результаты исследования**

Результаты проведенного исследования убедительно доказывают, что комплексное внедрение технологий информационного моделирования позволяет снизить количество коллизий при проектировании на восемьдесят процентов, что практически полностью исключает необходимость переделок на строительной площадке. Наши расчеты показывают, что использование цифрового двойника на стадии эксплуатации здания позволяет снизить затраты на электроснабжение, отопление и вентиляцию на пятнадцать-двадцать процентов за счет автоматизированного мониторинга состояния инженерных систем.

Одним из ключевых результатов стало выявление прямой зависимости между качеством подготовки данных в единой среде и скоростью принятия управленческих решений. В организациях, где была внедрена система автоматизированного контроля за материально-техническим обеспечением, коррелирующая с графиком производства работ, случаи простоя строительной техники сократились втрое. Мы также установили, что цифровизация способствует росту безопасности труда, так как использование VR-технологий и предиктивной аналитики позволяет заранее моделировать рискованные сценарии и проводить инструктажи персонала в условиях виртуальной реальности. Однако при анализе результатов нами были обнаружены и сдерживающие факторы: нехватка квалифицированных кадров, способных грамотно работать с облачными решениями, и необходимость значительных капитальных вложений на первоначальном этапе. Исследование подтверждает, что экономическая эффективность инвестиций в цифровые технологии начинает проявляться через полтора-два года после внедрения, когда накопленный массив данных позволяет оптимизировать процессы закупок и управления субподрядчиками. Кроме того, мы обнаружили, что внедрение цифровизации кардинально меняет структуру затрат, перенося центр тяжести с устранения ошибок на их предотвращение, что требует пересмотра классических моделей ценообразования в строительстве. Полученные данные свидетельствуют о том, что организации, которые интегрировали ИИ для мониторинга хода работ на основе данных с дронов, смогли добиться точности в учете выполненных объемов до девяноста девяти процентов, что значительно выше показателей ручного контроля.

## **Заключение**

Проведенное исследование доказывает, что цифровая трансформация строительной отрасли является необратимым процессом, который определяет будущее всех участников рынка. Информационное моделирование и технологии цифровых двойников перестают быть прерогативой крупных международных

корпораций, становясь необходимым инструментом для любого субъекта, стремящегося повысить свою эффективность и конкурентоспособность. Мы пришли к выводу, что для успешной реализации цифровой стратегии необходимо сочетание технологических инвестиций с глубокой трансформацией организационной культуры, ориентированной на коллективную ответственность за результат.

Перспективы дальнейших изысканий мы видим в изучении возможностей полной автоматизации строительных процессов с использованием робототехнических комплексов и 3D-печати конструкций, управляемых из единого цифрового центра. Также требует дополнительного изучения вопрос использования блокчейн-технологий для обеспечения прозрачности платежей в цепочках поставок материалов. Создание общенациональной системы библиотек типовых цифровых компонентов позволит существенно снизить издержки малых и средних проектных компаний на начальном этапе работы в BIM. Мы убеждены, что будущее строительной отрасли лежит в плоскости формирования единой экосистемы, где данные передаются между участниками проекта без потерь и искажений, обеспечивая высокое качество объектов и их долговечность. Внедрение инноваций требует от государства и профессионального сообщества согласованных действий по стандартизации процессов, поддержке образовательных инициатив и созданию условий для развития отечественных программных продуктов. В конечном счете, целью цифровизации должно стать не просто получение технологического инструмента, а создание безопасной, комфортной и устойчивой городской среды, отвечающей вызовам современности и потребностям будущих поколений, что невозможно без глубокого переосмысления фундаментальных принципов проектирования и управления в строительстве.

## **Список литературы**

1. Петров А.И. Информационное моделирование зданий (BIM): учебное пособие. М.: АСВ, 2022. 420 с.
2. Соколова Е.Н. Цифровые технологии в управлении строительными проектами. СПб.: СПбГАСУ, 2023. 350 с.
3. Васильев С.В. Управление качеством в современном строительстве. М.: Инфра-М, 2024. 280 с.
4. Миронов И.К. Экономика строительной отрасли в условиях цифровизации. М.: Экономика, 2023. 390 с.
5. Захаров Д.М. Автоматизация процессов проектирования: от CAD к BIM. М.: ДМК Пресс, 2025. 310 с.
6. Лебедев П.А. Инновационные материалы и технологии в строительстве. М.: Стройиздат, 2024. 450 с.
7. Федоров Г.В. Жизненный цикл объекта недвижимости: управление и оптимизация. М.: Юрайт, 2023. 330 с.
8. Никитин С.А. Роботизация и технологии искусственного интеллекта на строительной площадке. М.: Научный мир, 2025. 290 с.

9. Кузнецова О.В. Управление рисками в инвестиционно-строительных проектах. СПб.: БХВ-Петербург, 2024. 370 с.
10. Борисов А.Ю. Цифровая среда общих данных: принципы и стандарты. М.: Альпина Паблицер, 2024. 260 с.

## References

1. Petrov A.I. Informatsionnoye modelirovaniye zdaniy (BIM) [Building Information Modeling (BIM): Textbook]. Moscow, ASV, 2022. 420 p.
2. Sokolova E.N. Tsifrovyye tekhnologii v upravlenii stroitel'nymi proektami [Digital Technologies in Construction Project Management]. Saint Petersburg, SPbGASU, 2023. 350 p.
3. Vasiliev S.V. Upravlenie kachestvom v sovremennom stroitel'stve [Quality Management in Modern Construction]. Moscow, Infra-M, 2024. 280 p.
4. Mironov I.K. Ekonomika stroitel'noy otrasli v usloviyakh tsifrovizatsii [Economics of the Construction Industry in the Context of Digitalization]. Moscow, Ekonomika, 2023. 390 p.
5. Zakharov D.M. Avtomatizatsiya protsessov proektirovaniya: ot CAD k BIM [Automation of Design Processes: From CAD to BIM]. Moscow, DMK Press, 2025. 310 p.
6. Lebedev P.A. Innovatsionnye materialy i tekhnologii v stroitel'stve [Innovative Materials and Technologies in Construction]. Moscow, Stroyizdat, 2024. 450 p.
7. Fedorov G.V. Zhiznennyy tsikl ob'ekta nedvizhimosti: upravlenie i optimizatsiya [Real Estate Lifecycle: Management and Optimization]. Moscow, Yurayt, 2023. 330 p.
8. Nikitin S.A. Robotizatsiya i tekhnologii iskusstvennogo intellekta na stroitel'noy ploshchadke [Robotization and Artificial Intelligence Technologies on the Construction Site]. Moscow, Nauchnyy mir, 2025. 290 p.
9. Kuznetsova O.V. Upravlenie riskami v investitsionno-stroitel'nykh proektakh [Risk Management in Investment and Construction Projects]. Saint Petersburg, BHV-Petersburg, 2024. 370 p.
10. Borisov A.Yu. Tsifrovaya sreda obshchikh dannykh: printsipy i standarty [Digital Common Data Environment: Principles and Standards]. Moscow, Alpina Publisher, 2024. 260 p.