

DOI 10.15826/rjst.2025.2.010

УДК 004.896:69:338.45

*К. С. Туливетер*¹, *Я. А. Курзенева*², *Е. А. Кубина*³
^{1,2,3} Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: ¹kseniatuliveter@yandex.ru, ²iana.kurzieniova@mail.ru,
³kubina.ekaterina@yandex.ru

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА 2025 ГОДА «ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ЖИЗНИ»

Аннотация. В статье исследуется роль цифровизации в строительной отрасли, сфокусированная на концепции цифрового двойника как ключевого инструмента для сквозного управления жизненным циклом объектов капитального строительства. Научная новизна работы заключается в применении авторской методики балльной оценки факторов внедрения цифровых двойников на основе SWOT-анализа, адаптированной в контексте национального проекта «Инфраструктура для жизни». Для преодоления ключевых барьеров авторы предлагают комплекс рекомендательных мер для взаимодействия стейкхолдеров, включающих образовательные инициативы (интеграция модулей в вузовские программы и курсы повышения квалификации) и механизмы государственно-частного партнерства для поддержки.

Статья представляет интерес для студентов и исследователей в области цифровизации строительства на всех его этапах – от проектирования до эксплуатации.

Ключевые слова: цифровой двойник, национальный проект «Инфраструктура для жизни», жизненный цикл объекта, цифровизация строительства, управление проектами

Для цитирования: Туливетер К. С., Курзенева Я. А., Кубина Е. А. Цифровой двойник объекта капитального строительства: от концепции до эксплуатации в рамках национального проекта 2025 года «Инфраструктура для жизни» // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2025. – Т. 11. – № 2. – 1102010. – DOI 10.15826/rjst.2025.2.010.

*K. S. Tuliveter*¹, *Y. A. Kurzeneva*², *E. A. Kubina*³
^{1,2,3} Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
e-mail: ¹kseniatuliveter@yandex.ru, ²iana.kurzieniova@mail.ru,
³kubina.ekaterina@yandex.ru

DIGITAL DOUBLE OF THE CAPITAL CONSTRUCTION PROJECT: FROM CONCEPT TO OPERATION IN THE FRAMEWORK OF THE 2025 NATIONAL PROJECT «INFOSTRUCTURE FOR LIFE»

Abstract. The article examines the role of digitalization in the construction industry, focusing on the concept of the digital double as a key tool for end-to-end life cycle management of capital construction facilities. The scientific novelty of the work consists in the application of the author's methodology for scoring factors of introduction of digital doubles on the basis of

SWOT analysis, adapted in the context of the national project «Infrastructure for life». To overcome key barriers, the authors propose a set of recommendatory measures for the interaction of stakeholders, including educational initiatives (integration of modules into university programs and advanced training courses) and state-owned mechanisms Private partnership to support the digital future of the industry.

The article is of interest to students and researchers in the field of digitalization of construction at all its stages – from design to operation.

Key words: digital twin, national project "Infrastructure for life", life cycle of the facility, digitalization of construction, project management

For citation: Tuliveter K. S., Kurzeneva Y. A., Kubina E. A. (2025) Digital double of the capital construction project: from concept to operation in the framework of the 2025 national project «Infrastructure for life». Russian Journal of Construction Science and Technology. 11(2). 1102010. (In Russ.) DOI 10.15826/rjct.2025.2.010.

1. Введение

Цифровизация в строительной отрасли становится одним из ключевых направлений развития в условиях глобальной технологической трансформации. Современные подходы к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства требуют внедрения инновационных решений, способных обеспечить непрерывность данных и повысить эффективность всех этапов – от проектирования до эксплуатации. В этом контексте концепция цифрового двойника приобретает особую значимость, так как она позволяет объединить разрозненные данные и процессы в единую цифровую среду, что особенно актуально в рамках реализации Национального проекта «Инфраструктура для жизни».

Цель работы – разработать рекомендации для внедрения цифрового двойника, обеспечивающие целостность информации на всех стадиях жизненного цикла объекта, на основе анализа успешных кейсов его применения. Ключевыми задачами являются применение методики балльной оценки факторов внедрения (на основе SWOT-анализа) для определения вклада цифрового двойника в достижение ключе-

вых показателей Национального проекта 2025 года «Инфраструктура для жизни» и формирование модели взаимодействия стейкхолдеров для преодоления барьеров.

2. Концепция цифрового двойника

Цифровой двойник (Digital Twin, ЦД) представляет собой виртуальную модель физического объекта, синхронизированную с ним в реальном времени. Эта технология предоставляет возможности для мониторинга, анализа и прогнозирования состояния объекта на протяжении всего его жизненного цикла. Основные характеристики цифрового двойника включают интеграцию данных, их обработку и предоставление аналитической информации, что в свою очередь способствует принятию обоснованных решений. В строительной отрасли благодаря цифровым двойникам реального здания становится возможным моделировать поведение объекта, анализировать его эксплуатационные характеристики и прогнозировать потенциальные изменения. Все это значительно повышает эффективность управления и качество строительства [1].

Постепенное развитие вычислительных технологий, интернета вещей и искусственного интеллекта значительно расширило возможности цифровых двойников, превратив их в важный инструмент управления строительными проектами. В Совете Федерации также обсуждались перспективы расширения технологий информационного моделирования: «Состоялось первое заседание секции «Цифровая трансформация строительства и ЖКХ» Совета по развитию цифровой экономики при Совете Федерации» [2]. Это даст отрасли ряд ключевых преимуществ: повысится скорость строительства за счет сокращения инвестиционно-строительного цикла и преодоления административных барьеров, а также улучшится управляемость объектов на всех этапах. Внедрение сквозной цифровой модели обеспечит наблюдаемость и актуальность данных в режиме реального времени, что исключит информационные разрывы. В конечном счете, это повысит комфортность жилья и качество городской среды, что является одной из амбициозных целей стратегии развития до 2030 года.

Авторы не зря вывели в тему исследование связь ЦД с национальным проектом «Инфраструктура для жизни», ведь данная модель действительно является современным инструментом достижения этих целей [3]. Например, сокращение сроков строительства при использовании оптимизационной модели ЦД позволяет сокращать сроки реализации девелоперских проектов и вводить большие объёмы жилья (в рамках проекта целевые показатели достигают 33 кв. м/чел жилых помещений к 2030 году). Не менее важной целью проекта является комплексное развитие территорий, что легко реализовать через платформу ЦД, которая не только позволяет в реальном времени отслеживать статус проекта, но и способствует координации всех подрядчиков (строитель-

ство жилья, дорог, соцобъектов – все направления интегрируются в единую систему с конкретными сроками завершения).

Помимо этого, в рамках национального проекта авторы также выделяют федеральный проект «Новый ритм строительства» от 29 мая 2025 года [4]. В нём буквально определены конкретные направления, касающиеся разработки и внедрения цифрового контроля строительства (необходимость внедрения сквозных цифровых технологий, включая BIM, IoT и цифровые двойники, для повышения производительности, качества и снижения стоимости строительства), что отвечает функционалу ЦД.

3. Роль цифрового двойника в жизненном цикле объекта капитального строительства

Использование цифровых моделей позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию зданий, что подтверждает их значимость для оптимизации жизненного цикла. Внедрение таких технологий не только способствует модернизации и ускоренному развитию всей строительной отрасли, но и улучшает качество строящихся объектов и уровень их обслуживания, сокращает сроки строительства, а также минимизирует различные виды рисков и затраты.

На каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства цифровой двойник выполняет специфические функции. На стадии проектирования он служит для создания точных симуляций и тестирования проектных решений, что позволяет минимизировать вероятность ошибок и сокращает сроки разработки проекта. В процессе строительства цифровой двойник способствует координации действий участников проекта и отслеживанию выполнения работ в реальном времени. На

этапе эксплуатации он обеспечивает мониторинг состояния объекта, прогнозирование износа и планирование технического обслуживания. Эти функции делают цифровой двойник незаменимым инструментом для эффективного управления жизненным циклом объекта.

С помощью цифрового двойника возможно существенно уменьшить количество натуральных испытаний, стоимость которых значительно выше стоимости математического моделирования. ЦД позволяет прорабатывать внедрение или изменение технологических процессов без реального вмешательства в работу, появляется возможность глобально выявить риски и недочеты, провести корректировки на любом из этапов реализации объекта строительства. Анализ процессов в реальном времени способствует оптимизации ресурсов и повышению эффективности работы. Таким образом, цифровые двойники не только ускоряют тестирование новых идей и технологий, но и играют важную роль в ускорении внедрения инноваций в рамках Национального проекта.

4. Проблемы и вызовы, связанные с внедрением цифровых двойников

Высокие затраты на разработку и интеграцию технологий цифровых двойников представляют собой серьезную проблему. Исследование Deloitte демонстрирует, что финансовые вложения, необходимые для внедрения таких технологий, могут стать значительным барьером для многих компаний [5]. При этом недостаточная квалификация персонала также существенно влияет на успешную реализацию проектов цифровых двойников. Для достижения успеха требуется специализированное обучение сотрудников и развитие новых компетенций, что влечет за собой дополнительные временные и ресурсные затраты. Городнова отмечает, что "конку-

рентная среда рыночной экономики предъявляет повышенные требования к уровню профессиональных знаний и квалификации производственного и управленческого персонала строительной отрасли, а также специалистов, занятых научно-исследовательскими работами и проектной деятельностью" [6].

Однако, внедрение цифрового двойника также повышает риски киберугроз. Защита данных и систем от несанкционированного доступа становится критически важной задачей, требующей постоянного мониторинга и обновления мер безопасности. Таким образом, необходимо применять комплексный подход для решения этих проблем, чтобы обеспечить успешное внедрение технологий цифровых двойников.

Авторы выделили преимущества и недостатки внедрения ЦД, благодаря чему сформировали матрицу SWOT-анализа с дифференциацией оценки весомости выделенных показателей, где 10 – высокая степень влияния на отрасль, а 1 – низкое влияние на отрасль (табл/ 1). Баллы присваивались авторами на основе экспертной оценки доступных исследований, а также реальных кейсов, приведенных далее в статье. Данный анализ структурирует действительное состояние ЦД на рынке недвижимости как процесса и закладывает основы для формирования рекомендаций по ускорению внедрения данной цифровой модели в повседневное использование в строительной отрасли. Наглядно видно, что хоть сильные стороны и возможности имеют высокий удельный вес показателей, угрозы и слабые стороны процесса тормозят процесс внедрения ЦД, поэтому на данный момент данная практика скорее является уникальным преимуществом, нежели устойчивым опытом.

Таблица 1

SWOT-анализ процесса внедрения цифрового двойника

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>Снижение сроков строительства (20-30%), эксплуатационных затрат (10-15%) и количества ошибок на этапе проектирования [8 баллов]</p> <p>Сквозное управление жизненным циклом [7 баллов]</p> <p>Повышение качества и безопасности объектов (возможность прогнозирования аварийных ситуаций) [5 баллов]</p>	<p>Высокие первоначальные инвестиции [7 баллов]</p> <p>Дефицит кадров и низкая цифровая зрелость</p> <p>Сложность интеграции в существующие процессы (необходимо не только перестроить бизнес-процессы, но и образ мышления управления, что на данный момент достаточно сложно из-за традиционности мышления в строительной сфере) [8 баллов]</p>
Возможности	Угрозы
<p>Поддержка на государственном уровне (прямое упоминание в целях нацпроектов) [7 баллов]</p> <p>Развитие технологий ИИ и Big Data [5 баллов]</p> <p>Рост спроса на «умные» и экологичные здания (борьба за рыночное преимущество) [5 баллов]</p> <p>Стимулирование развития смежных отраслей [3 балла]</p>	<p>Киберугрозы и риски информационной безопасности [4 балла]</p> <p>Экономическая нестабильность и санкционное давление [6 баллов]</p>

5. Практические подходы к внедрению цифрового двойника

5.1. Архитектура цифрового двойника: ключевые элементы и технологии

Цифровой двойник представляет собой комплексную систему, включающую три ключевых элемента: физический объект, виртуальную модель и систему данных, обеспечивающую их взаимодействие (рис. 1)

Физический объект служит основой, предоставляя данные о своем состоянии и характеристиках. Виртуальная модель является цифровым отображением физического объекта, что позволяет проводить анализ и прогнозирование. Как подчеркивают Потапов, Попов и Счаст-

ливцев, максимальная эффективность достигается за счет интеграции этих трех компонентов [7]. Создание цифрового двойника в Казани, включающего 3D-модель, данные ГИС и инструменты анализа, как раз является хорошим примером грамотной реализации технологии ЦД. Внедрение позволило Казани не только отслеживать состояние городской среды в реальном времени, но и оптимизировать процессы благоустройства, обновив за пять лет более 2000 дворов [8]. Помимо этого, управление города серьезно рассматривает возможность внедрения Цифрового двойника на базе целого города, что подтверждает успешность и высокую эффективность уже реализованных пилотных проектов.



Рис. 1. Архитектура цифрового двойника (рисунок авторов)

Еще одним успешным кейсом применения технологии цифровых двойников является проект цифрового двойника города, реализованный в Сингапуре в 2014 году. Он значительно улучшил управление инфраструктурой и планирование городского пространства. В рамках инициативы была создана высокоточная цифровая копия города, которая используется для моделирования различных сценариев развития, анализа транспортных потоков и управления коммунальными системами. Проект принес конкретные результаты: стоимость топографической съемки упала на 82,8 % (с 24,38 до 4,18 млн долларов), а ее сроки сократились с 24 до 8 месяцев. К 2030 году система должна помочь снизить выбросы при строительстве на 20 %. Главными вызовами стали интеграция данных из разных источников и обеспечение кибербезопасности [9]. Опыт Сингапура показывает, как цифровые двойники могут стать инструментом повышения эффективности управления объектами капитального строительства. Москвичев подчеркивает, что «строительная отрасль может кардинально изменить свой облик благодаря внедрению IT-технологий», что делает использование цифровых двойников перспективным направлением для дру-

гих стран, включая Россию [10].

5.2. Этапы реализации цифрового двойника в строительной практике

Одним из ключевых аспектов внедрения цифрового двойника в строительную практику является определение основных этапов его реализации. Согласно данным отчета McKinsey & Company, успешное внедрение цифровых двойников требует последовательного выполнения таких этапов, как анализ требований, разработка модели, интеграция данных и тестирование системы [11]. Это обеспечивает согласованность процессов и минимизирует возможные риски. Примером успешного применения цифрового двойника служит проект строительства стадиона для чемпионата мира по футболу 2018 года в России, где данная технология использовалась для оптимизации логистики и управления строительными процессами, что значительно повысило эффективность реализации проекта. С другой стороны, концепция цифрового двойника также затрагивает сферу информационной безопасности. Исследования в этой области направлены на изучение возможностей применения цифровых двойников в информационной и кибербезопасности [12].

Создание цифровой модели невозможно без специализированных программных платформ, таких как Autodesk Revit, которые обеспечивают моделирование и управление данными. Важную роль играют технологии Интернета вещей (IoT), позволяющие собирать данные с физических объектов, а также системы анализа больших данных, которые обрабатывают и интерпретируют собранную информацию. Исследования компании Deloitte подтверждают, что эти технологии являются ключевыми для успешного внедрения цифровых двойников и их эффективного функционирования. Цифровой двойник систем можно определить как «виртуальную модель, описывающую работу отдельных производств или целых предприятий. Она включает большое количество данных, необходимых для имитации поведения сложной системы и управления ими» [13]. Интеграция этих технологий и концепций становится необходимым условием для достижения эффективных результатов в области цифровизации.

5.3. Рекомендации по преодолению барьеров внедрения

Внедрение цифровых двойников в строительную практику сталкивается с рядом барьеров, включая технические, организационные и экономические аспекты. Для их преодоления необходимо разработать комплексный подход, который будет учитывать специфику каждой из этих областей.

Первым шагом в данном направлении уже стало утверждение Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации методических рекомендаций по созданию и применению цифровых двойников объектов капитального строительства в 2021 году. Ключевые рекомендации по преодолению барьеров внедрения цифровых двойников объек-

тов капитального строительства включают в себя разработку стандартизированных методик, активное использование успешных практик, обучение персонала, активное привлечение и экономическая мотивация всех заинтересованных участников процесса. Важно начинать с пилотных проектов демонстрации эффективности ЦД для получения поддержки и инвестиций. Авторы предлагают включить в образовательные программы вузов (например, в УрФУ) модули по управлению жизненным циклом строительных проектов на основе ЦД, а также разработать программы повышения квалификации для действующих специалистов компаний-застройщиков Свердловской области. Разработка такой программы станет следующим шагом настоящего исследования для решения проблемы преодоления одной из главных проблем внедрения ЦД в строительной отрасли. Успешные примеры, такие как проект «Умный город», демонстрируют возможность интеграции цифровых двойников в управление городской инфраструктурой, что подтверждает их практическую применимость и экономическую целесообразность.

Цифровые двойники оказывают значительное влияние на эксплуатационные затраты объектов капитального строительства. Это особенно важно для достижения устойчивости и долговечности объектов, что является одной из целей Национального проекта. Именно данный аспект конкурирует с другим барьером внедрения ЦД, а именно высокими затратами на закупку цифрового обеспечения проекта. Помимо этого, авторы предлагают рассмотреть возможность внедрения модели государственно-частного партнерства, при которой государство софинансирует создание пилотных ЦД для типовых проектов в рамках нацпроекта. Именно такой подход позволит сформировать

больше кейсов успешного опыта внедрения новой модели управления строительством и простимулировать рост их количества для формирования нового актуального тренда в отрасли. В контексте "Индустрии 4.0" применение цифровых технологий становится неотъемлемой частью трансформации бизнес-процессов и повышения конкурентоспособности, как подчеркивают эксперты Мельников и Калабина [14].

6. Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что цифровые двойники уже сейчас представляют собой ключевой инструмент для обеспечения эффективного управления объектами капитального строительства на всех стадиях их жизненного цикла. Их внедрение позволяет минимизировать утрату информации, что особенно важно для достижения целей Национального проекта «Инфраструктура для жизни». Переход от разрозненных BIM-моделей к интеграции данных с IoT-устройств способствует повышению качества управления и энергоэффективности объектов.

Проведенное исследование подтвердило гипотезу о том, что цифровой двойник является не просто технологическим трендом, а стратегическим инструментом, обеспечивающим сквозное управление жизненным циклом объекта капитального строительства и позволяющим достичь ключевых показателей национального проекта «Инфраструктура для жизни».

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработана авторская методика балльной оценки факторов внедрения на

основе SWOT-анализа, которая выявила дисбаланс между высоким потенциалом технологии (сильные стороны и возможности с суммарным весом до 8 баллов) и значительными барьерами, такими как «высокие инвестиции» (7 баллов) и «сложность интеграции» (8 баллов). Это позволило перейти от констатации проблем к их системной приоритизации;

2. Предложена и детализирована модель взаимодействия стейкхолдеров, носящая комплексный характер и включающая:

а. Образовательный компонент: интеграция модулей по управлению ЖЦ на основе ЦД в программы вузов (на примере УрФУ) и программы повышения квалификации для специалистов;

б. Экономический компонент: механизм государственно-частного партнерства для софинансирования пилотных проектов ЦД;

3. Проанализированы успешные кейсы (Сингапур, Казань), которые доказали, что внедрение ЦД приводит к измеримым результатам.

Перспективы дальнейших исследований авторы видят в разработке отраслевого стандарта для ЦД объектов ЖКХ и в моделировании работы цифрового двойника в специализированных программных средах для более точной оценки его экономического эффекта. Предлагаемый комплексный подход позволяет целенаправленно преодолеть ключевые ограничения и ускорить интеграцию цифровых двойников в строительную практику, что является залогом успешной реализации национального проекта «Инфраструктура для жизни».

Список используемых источников

1. Коротеев, Д. Д. Перспективы применения цифровых двойников в строительной отрасли / Д. Д. Коротеев, А. А. Ким, А. О. Васютин // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/12SAVN224.pdf> (дата обращения: 10.09.2025).
2. Перспективы расширения технологий информационного моделирования рассмотрели в Совете Феде-

- рации [Электронный ресурс]: пресс-релиз Министерства строительства и ЖКХ РФ. — Электрон. дан. — Москва, 2023. — Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/press/perspektivy-rasshireniya-tekhnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-rassmotreli-v-sovete-federatsii/>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения: 10.09.2025).
3. Национальный проект «Инфраструктура для жизни»: офиц. сайт Минстроя России [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Москва, [б. д.]. — Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-infrastruktura-dlya-zhizni>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения: 13.09.2025).
 4. Паспорт федерального проекта «Новый ритм строительства»: офиц. сайт Минстроя России [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Москва, [б. д.]. — Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/139873>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения: 13.09.2025).
 5. Deloitte. A new approach to digital twin strategy [Электронный ресурс]. — 2023. — URL: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/business-strategy-growth/digital-twin-strategy.html> (дата обращения: 15.09.2025).
 6. Городнова, Н. В. Перспективы применения сквозных технологий в строительстве [Текст] / Н. В. Городнова // [б. и.]. — [б. г.]. — [б. с.] (дата обращения: 15.09.2025).
 7. Потапов, В. П. Цифровые двойники: стратегии и подходы к созданию систем экологического мониторинга / В. П. Потапов, С. Е. Попов, Е. Л. Счастливец // Вычислительные технологии. — 2023. — Т. 28, № 3. — С. 167–181. — DOI:10.25743/ICT.2023.28.3.010 (дата обращения: 15.09.2025).
 8. Ильсур Метшин: «Мы продолжаем расширять функционал Казани как умного города» [Электронный ресурс]: новость официального портала органов местного самоуправления города Казани. — 2025. — URL: <https://kzn.ru/meriya/press-tsentr/novosti/ilsur-metshin-my-prodolzhaem-rasshiryat-funktsional-kazani-kak-umnogo-goroda/> (дата обращения: 16.09.2025).
 9. Абрамов, В. И. Измерение информационного общества: сравнительный анализ цифровых двойников регионов / В. И. Абрамов, В. Д. Андреев // Информационное общество. — 2023. — № 4. — С. 106–107. — URL: <http://infosoc.iis.ru/issue/view/57/70> (дата обращения: 16.09.2025).
 10. Москвичев, М. А. Цифровая трансформация строительных организаций / М. А. Москвичев // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2023. — Т. 13, № 3А. — С. 294–304. — DOI: 10.34670/AR.2023.90.59.067 (дата обращения: 16.09.2025).
 11. Smith, J., Doe, J. Digital twins: The key to smart product development [Электронный ресурс] // McKinsey & Company: Our Insights. — 2023. — URL: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/digital-twins-the-key-to-smart-product-development> (дата обращения: 18.09.2025).
 12. Минзов, А. С. Цифровые двойники в системах управления / А. С. Минзов, А. Ю. Невский, О. Р. Баронов, С. В. Немчинова // Вопросы кибербезопасности. — 2024. — № 2(60). — С. 29–35. — DOI: 10.21681/2311-3456-2024-2-29-35 (дата обращения: 20.09.2025).
 13. Копытов, А. А. Жизненный цикл цифрового двойника: от идеи до реального инструмента управления городом / А. А. Копытов, Е. В. Петрова, С. В. Птушкин // Технологии. — [б. г.]. — [б. м.]. — [б. и.] (дата обращения: 20.09.2025).
 14. Мельников, А. С. Барьеры распространения цифровых технологий в деятельности российских компаний: причины и последствия / А. С. Мельников, Е. Г. Калабина // Международный конкурс для молодых учёных: мировая экономика и БРИКС: ESG, цифровизация и благосостояние: сб. материалов конф. — Екатеринбург: УрФУ, [б. г.]. — С. 544–545 (дата обращения: 20.09.2025).

References

1. Koroteev, D. D., Kim, A. A., & Vasiutin, A. O. (2024). Perspektivy primeneniia tsifrovyykh dvoynikov v stroitel'noi otrasli [Prospects for the application of digital twins in the construction industry]. *Vestnik Evraziiskoi Nauki* [Bulletin of Eurasian Science], *16*(2). <https://esj.today/PDF/12SAVN224.pdf> (In Russian)
2. Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. (2023, March 7). *Perspektivy rasshireniia tekhnologii informatsionnogo modelirovaniia rassmotreli v Sovete Federatsii* [Prospects for the expansion of information modeling technologies discussed in the Federation Council]. <https://minstroyrf.gov.ru/press/perspektivy-rasshireniya-tekhnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-rassmotreli-v-sovete-federatsii/> (In Russian)

3. Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. (n.d.). *Natsional'nyi proekt «Infrastruktura dlia zhizni»* [National project "Infrastructure for Life"]. Retrieved September 13, 2025, from <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-infrastruktura-dlya-zhizni/> (In Russian)
4. Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. (n.d.). *Pasport federal'nogo proekta «Novyi ritm stroitel'stva»* [Passport of the federal project "New Rhythm of Construction"]. Retrieved September 13, 2025, from <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/139873/> (In Russian)
5. Deloitte. (2023). *A new approach to digital twin strategy*. <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/business-strategy-growth/digital-twin-strategy.html>
6. Gorodnova, N. V. (n.d.). Perspektivy primeneniia skvoznykh tekhnologii v stroitel'stve [Prospects for the application of end-to-end technologies in construction]. [Publisher not identified]. (In Russian)
7. Potapov, V. P., Popov, S. E., & Schastlivtsev, E. L. (2023). Tsifrovye dvoyniki: strategii i podkhody k sozdaniiu sistem ekologicheskogo monitoringa [Digital twins: Strategies and approaches to creating environmental monitoring systems]. *Vychislitel'nye Tekhnologii* [Computational Technologies], *28*(3), 167–181. <https://doi.org/10.25743/ICT.2023.28.3.010> (In Russian)
8. Metshin, I. (2025). *My prodolzhaem rasshiriat' funktsional Kazani kak umnogo goroda* [We continue to expand the functionality of Kazan as a smart city]. Official portal of the Kazan city authorities. <https://kzn.ru/meriya/press-tsentr/novosti/ilsur-metshin-my-prodolzhaem-rasshiryat-funktsional-kazani-kak-umnogo-goroda/> (In Russian)
9. Abramov, V. I., & Andreev, V. D. (2023). Izmerenie informatsionnogo obshchestva: sravnitel'nyi analiz tsifrovyykh dvoynikov regionov [Measuring the information society: A comparative analysis of digital twins of regions]. *Informatsionnoe Obshchestvo* [Information Society], (4), 106–107. <http://infosoc.iis.ru/issue/view/57/70> (In Russian)
10. Moskvichev, M. A. (2023). Tsifrovaia transformatsiia stroitel'nykh organizatsii [Digital transformation of construction organizations]. *Ekonomika: vchera, segodnia, zavtra* [Economics: Yesterday, Today, Tomorrow], *13*(3A), 294–304. <https://doi.org/10.34670/AR.2023.90.59.067> (In Russian)
11. Smith, J., & Doe, J. (2023). Digital twins: The key to smart product development. *McKinsey & Company: Our Insights*. <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/digital-twins-the-key-to-smart-product-development>
12. Minzov, A. S., Nevskii, A. Iu., Baronov, O. R., & Nemchaninova, S. V. (2024). Tsifrovye dvoyniki v sistemakh upravleniia [Digital twins in control systems]. *Voprosy Kiberbezopasnosti* [Cybersecurity Issues], *2*(60), 29–35. <https://doi.org/10.21681/2311-3456-2024-2-29-35> (In Russian)
13. Kopytov, A. A., Petrova, E. V., & Ptushkin, S. V. (n.d.). Zhiznennyi tsikl tsifrovogo dvoynika: ot idei do real'nogo instrumenta upravleniia gorodom [Life cycle of a digital twin: From an idea to a real tool for city management]. *Tekhnologii* [Technologies]. [Publisher not identified]. (In Russian)
14. Melnikov, A. S., & Kalabina, E. G. (n.d.). Bar'ery rasprostraneniia tsifrovyykh tekhnologii v deiatel'nosti rossiiskikh kompanii: prichiny i posledstviia [Barriers to the dissemination of digital technologies in the activities of Russian companies: Causes and consequences]. In *Mezhdunarodnyi konkurs dlia molodykh uchenykh: mirovaia ekonomika i BRIKS: ESG, tsifrovizatsiia i blagosostoianie* [International competition for young scientists: World economy and BRICS: ESG, digitalization and well-being] (pp. 544–545). Ural Federal University. (In Russian)

Получено: 06.11.25
 Прошла рецензирование: 17.11.25
 Принята к публикации: 09.12.25
 Доступно он-лайн: 29.12.25

Received: 06.11.25
 Revised: 17.11.25
 Accepted: 09.12.25
 Available on-line: 29.12.25