

Набиев Рамазан Абдулмуминович

Астраханский государственный технический университет

Умеров Равиль Закарьяевич

Региональное отраслевое объединение работодателей саморегулируемая организация

«Астраханские строители»

Байсаева Малика Усамовна

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова

Цифровая трансформация в строительном производстве в условиях устойчивого развития

Аннотация. Предметом исследования являются организационно-экономические механизмы цифровой трансформации строительного производства, обеспечивающие одновременное повышение производительности, ресурсной эффективности, экологической результативности и прозрачности управления. Цель статьи — обосновать сквозной цифровой контур строительного производства в логике жизненного цикла и предложить модель цифровой зрелости, связывающую внедрение технологий с измеримыми показателями устойчивого развития. Информационную базу составили нормативные правовые акты Российской Федерации, официальная статистика Росстата, исследование ДОМ.РФ Технологии и Фонда «Сколково», материалы UNEP и Joint Research Centre Европейской комиссии, а также рецензируемые публикации по BIM, цифровым двойникам, оценке жизненного цикла и управлению строительными отходами. Применены методы контент-анализа, сравнительного и структурно-логического анализа, вторичного анализа данных и процессного моделирования. Установлено, что результативность цифровизации определяется не количеством программных продуктов, а интеграцией данных, процессов, ответственности и системы показателей. Представлены две группы эмпирических результатов: параметры устойчивого развития отрасли и российские драйверы, барьеры и государственные ориентиры цифровизации. Научная новизна заключается в разработке авторской модели «данные — процесс — устойчивый результат» и четырехуровневой модели цифровой зрелости строительной организации. Практическая значимость состоит в возможности использовать предложенный подход при разработке корпоративной дорожной карты, инвестиционного обоснования и системы КРП цифровой трансформации.

Ключевые слова: строительное производство, цифровая трансформация, устойчивое развитие, ТИМ, BIM, среда общих данных, цифровой двойник, LCA, LCC, циркулярная экономика, строительные отходы.

Nabiyev Ramazan Abdulmuminovich

Astrakhan State Technical University

Umerov Ravil Zakaryevich

Regional branch association of employers self-regulating organization Astrakhan Builders

Baysaeva Malika Usamovna

Kadyrov Chechen State Universit

Digital transformation in construction production under sustainable development conditions

Abstract. The study examines organizational and economic mechanisms of digital transformation in construction production that can simultaneously improve productivity, resource efficiency, environmental performance and management transparency. The purpose is to substantiate an end-to-end digital construction production framework across the asset life cycle and to propose a digital maturity model linking technology deployment to measurable sustainability indicators. The evidence base comprises Russian regulatory documents, official statistics of Rosstat, the 2025 survey by DOM.RF

Technologies and the Skolkovo Foundation, UNEP and European Commission Joint Research Centre reports, and peer-reviewed studies on BIM, digital twins, life-cycle assessment and construction waste management. Content analysis, comparative and structural-logical analysis, secondary data analysis and process modelling were applied. The results indicate that digital transformation outcomes depend not on the number of software products but on the integration of data, processes, accountability and performance metrics. Two empirical blocks are presented: quantitative parameters of sustainable transformation and Russian drivers, barriers and policy targets for construction digitalization. The novelty lies in the proposed “data–process–sustainable outcome” model and a four-level digital maturity model for construction organizations. The approach can support corporate roadmaps, investment appraisal and KPI systems for digital transformation.

Keywords: construction production, digital transformation, sustainable development, information modelling, BIM, common data environment, digital twin, LCA, LCC, circular economy, construction waste.

1. Введение

Строительное производство относится к видам деятельности, в которых экономическая результативность проекта непосредственно связана с качеством межорганизационного обмена данными. На одном объекте взаимодействуют заказчик, проектировщики, подрядчики, поставщики, органы экспертизы и надзора, а затем эксплуатирующая организация. При традиционной фрагментации информационных потоков изменения проектных решений, фактические объемы, исполнительная документация и сведения о материалах фиксируются в разнородных системах и с различной периодичностью. Поэтому цифровая трансформация должна рассматриваться не как приобретение отдельных программ, а как изменение архитектуры принятия решений на основе единой, проверяемой и доступной на протяжении жизненного цикла информации. [1–4; 11; 12]

Актуальность такого подхода усиливается требованиями устойчивого развития. По данным UNEP, сектор зданий и строительства формирует 11–13 % мирового ВВП и около 9 % занятости, но одновременно связан примерно с 37 % глобальных выбросов CO₂, 28 % мирового энергопотребления и почти половиной извлекаемых материалов. В 2024 г. глобальная площадь зданий достигла 273 млрд м² и увеличилась на 1,7 %, а эксплуатационные выбросы выросли на 1 % — до 9,9 Гт CO₂. Следовательно, цифровые инструменты имеют значение только тогда, когда они позволяют управлять не только стоимостью и сроками, но и энергией, углеродом, материалами, отходами, безопасностью и качеством. [13]

Российский строительный комплекс также обладает масштабом, при котором даже небольшое относительное улучшение процессов может иметь значимый совокупный эффект. Объем работ по виду деятельности «Строительство» в 2024 г. составил 16 780,1 млрд руб. Вместе с тем государственная политика последовательно переводит отрасль к обязательному формированию и ведению информационных моделей, машиночитаемым данным, цифровому взаимодействию с экспертизой и надзором, а также к использованию информационных систем управления проектами. [2–4; 6]

Проблема исследования состоит в разрыве между технологическим внедрением и измеримым устойчивым эффектом. Организация может использовать BIM/ТИМ, электронный документооборот, IoT или аналитические панели, но не получать устойчивого результата, если отсутствуют единые классификаторы, владельцы данных, базовые линии показателей, процедуры верификации и управленческая ответственность. Поэтому необходима модель, которая связывает цифровые решения с конкретными процессами и экономическими, экологическими и социальными результатами.

Цель статьи — обосновать сквозной цифровой контур строительного производства в условиях устойчивого развития и сформировать модель цифровой зрелости строительной организации. Для достижения цели решаются следующие задачи: систематизировать количественные параметры отраслевого контекста; сопоставить российские барьеры и драйверы с государственными целями; раскрыть механизм влияния цифровых технологий на устойчивость;

предложить последовательность организационных преобразований и систему показателей результата.

2. Материалы и методы исследования

Исследование выполнено как вторичный анализ открытых источников по состоянию на 20 июля 2026 г. Нормативную основу составили Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2035 г., правила обязательного формирования информационной модели, правила ее ведения и стратегическое направление цифровой трансформации строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства до 2030 г. Эмпирическая база включает статистику Росстата, отраслевое исследование ДОМ.РФ Технологии и Фонда «Сколково», глобальный доклад UNEP, исследование JRC Европейской комиссии и публикации с описанием результатов применения BIM. [1–6; 9; 13; 14]

В исследовании ДОМ.РФ Технологии и Фонда «Сколково» рассмотрены 20 стран, 930 российских и 192 зарубежных цифровых решения, проанализировано более 2000 источников и опрошено более 50 девелоперов. Полученные проценты в настоящей статье трактуются как результаты указанной выборки, а не как официальная оценка генеральной совокупности российских строительных организаций. Аналогично вывод о предотвращении 4,3–15,2 % потенциальных строительных отходов при BIM-проверке относится к двум проектам в Республике Корея и не переносится механически на российский рынок. [5; 14]

Методический аппарат включает: контент-анализ нормативных документов; сравнительный анализ количественных показателей; структурно-логическое сопоставление технологий, процессов и результатов; процессное моделирование жизненного цикла; синтез результатов систематических обзоров. Под цифровой трансформацией понимается согласованное изменение процессов, ролей, правил работы с данными и технологической архитектуры, приводящее к измеримому изменению результатов. Под устойчивым результатом понимается совокупность экономической, экологической и социальной результативности проекта и создаваемого актива.

Ограничения исследования связаны с использованием вторичных данных, различиями географии и методик источников, а также с отсутствием единой отраслевой базы фактической окупаемости цифровых проектов. Систематический обзор оценки ценности BIM также фиксирует отсутствие стандартизированного метода расчета ROI и недостаточный учет нематериальных выгод. Поэтому предлагаемые схемы являются организационно-экономической моделью, а не универсальной количественной функцией эффекта. [10]

3. Результаты исследования

3.1. Устойчивое развитие как целевая рамка цифровизации

Цифровая трансформация влияет на устойчивое развитие через несколько причинно-следственных механизмов. На стадии проектирования информационная модель создает основу для координации решений, выявления коллизий, расчета объемов, оценки стоимости жизненного цикла (LCC) и экологических воздействий (LCA). На стадии строительного производства 4D/5D-моделирование, электронная фиксация факта, IoT, компьютерное зрение и интеграция со снабжением позволяют сопоставлять план и исполнение. На стадии эксплуатации цифровой двойник и системы мониторинга связывают модель с фактическим состоянием объекта. При реконструкции и завершении жизненного цикла цифровые паспорта материалов поддерживают повторное использование и переработку. [7; 8; 11; 15]

Систематический обзор 543 публикаций по BIM и устойчивости показывает, что наиболее разработанными направлениями являются интеграция BIM с LCA и LCC; одновременно сохраняются проблемы интероперабельности данных и недостаточная распространенность решений в инфраструктурных проектах. Это подтверждает, что экологическая и экономическая аналитика должна встраиваться в информационную модель через стандартизированные свойства, классификаторы и обменные форматы, а не существовать в виде отдельного отчета в конце проекта. [7]

В сфере отходов цифровой эффект наиболее наглядно проявляется через предотвращение

ошибок и переделок. В двух корейских проектах BIM-проверка выявила соответственно 381 и 136 проектных ошибок; авторы оценили предотвращенный объем строительных отходов в диапазоне 4,3–15,2 % от объема, который мог бы возникнуть без такой проверки. Этот результат не является отраслевой нормой, однако показывает измеримый механизм: качество цифровой проверки проектных решений способно снижать материальные потери еще до начала работ. [14]

Таблица 1 — Количественные параметры устойчивой трансформации строительного производства

Показатель	Значение и период	Область применимости и интерпретация
Масштаб российского строительного производства	16 780,1 млрд руб. — объем работ по виду деятельности «Строительство», 2024 г.	Официальный макроэкономический показатель масштаба отрасли; не характеризует непосредственно уровень цифровизации.
Глобальная экономическая и ресурсная роль сектора	11–13 % мирового ВВП; около 9 % мировой занятости; около 37 % выбросов CO ₂ ; 28 % энергопотребления; почти 50 % извлечения материалов.	Оценка UNEP для сектора зданий и строительства; показатели охватывают разные элементы жизненного цикла и не должны суммироваться.
Рост фонда зданий	273 млрд м ² глобальной площади зданий в 2024 г.; рост на 1,7 %; около 12,7 млн м ² новой площади в сутки.	Показывает масштаб будущего эксплуатационного спроса на энергию и материалы.
Эксплуатационные выбросы и чистая энергия	9,9 Гт CO ₂ эксплуатационных выбросов в 2024 г. (+1 %); возобновляемые источники — 17,3 % энергетического спроса зданий.	Аргумент в пользу цифрового мониторинга энергоэффективности и управления фактическими режимами эксплуатации.
Отходы строительства и сноса в ЕС	Более одной трети всех отходов, образующихся в ЕС.	Региональная оценка ЕС; подтверждает значимость прослеживаемости материалов и сценариев повторного использования.
Предотвращение отходов BIM-проверкой	4,3–15,2 % потенциальных отходов предотвращено; выявлено 381 и 136 ошибок в двух проектах.	Два кейса в Республике Корея; результат иллюстрирует механизм, но не является универсальным средним значением.

Источник: составлено автором по данным [6; 9; 13; 14].

Таблица 1 показывает, что цифровая трансформация должна одновременно отвечать двум группам требований. Первая связана с производственной эффективностью: точность проектирования, сокращение переделок, ритмичность поставок, соблюдение сроков и бюджета. Вторая связана с устойчивостью создаваемого актива: энергопотребление, выбросы, материалоемкость, отходы, ремонтпригодность и повторное использование компонентов. При отсутствии общей информационной модели эти группы показателей рассчитываются на разных данных и не образуют единой системы управленческих решений.

3.2. Российский контекст: регулирование, драйверы и барьеры

Российская нормативная траектория формирует переход от добровольных пилотов к системному информационному взаимодействию. Стратегия 2022 г. закрепила цифровую трансформацию как одно из направлений развития отрасли. Постановление Правительства РФ № 331 с последующими изменениями установило случаи обязательного формирования информационной модели, а постановление № 614 определило правила ее формирования и

ведения. Стратегическое направление, утвержденное распоряжением № 398-р в 2026 г., задает измеримые цели до 2030 г., включая рост доли заключений экспертизы по документации, подготовленной в форме информационной модели, развитие машиночитаемых данных и цифрового проектного управления. [1–4]

Одновременно эмпирическая картина указывает на организационные ограничения. В опросе более 50 девелоперов ведущим драйвером внедрения стало решение конкретных задач бизнеса (73 %), далее следуют ожидания клиентов и рынка (67 %) и инициатива внутренней команды или лидера цифровой трансформации (61 %). Это означает, что устойчивое внедрение начинается не с выбора технологии, а с формулирования измеримой проблемы процесса и назначения ответственного за изменение. [5]

Наиболее часто отмеченным барьером стала низкая цифровизация подрядчиков и партнеров (52 %), затем высокая стоимость внедрения (48 %), дефицит навыков и необходимость обучения (45 %), сопротивление сотрудников и низкая цифровая культура (42 %), недостаток подходящего российского программного обеспечения (39 %) и опасения по поводу безопасности данных (30 %). Кроме того, 85 % опрошенных продолжают использовать зарубежное программное обеспечение, хотя одновременно применяют отечественные решения, а 88 % используют более половины решений от внешних поставщиков. Эти данные подчеркивают зависимость результата от экосистемы контрагентов, интероперабельности и управления изменениями. [5]

Таблица 2 — Эмпирические барьеры, драйверы и государственные ориентиры цифровизации строительства в России

Показатель	База / значение	Цель 2030 г.	Управленческая интерпретация
А. Результаты отраслевого исследования ДОМ.РФ Технологии и Фонда «Сколково», 2025 г. [5]			
Информационная база исследования	20 стран; 930 российских и 192 зарубежных решения; более 2000 источников; более 50 опрошенных девелоперов	—	Проценты характеризуют выборку исследования, а не официальную генеральную совокупность.
Основные драйверы	Решение конкретных задач — 73 %; ожидания клиентов/рынка — 67 %; внутренняя команда/лидер — 61 %; конкуренция — 42 %	—	Бизнес-кейс и владелец изменения должны предшествовать выбору технологии.
Основные барьеры	Низкая цифровизация партнеров — 52 %; высокая стоимость — 48 %; дефицит навыков — 45 %; сопротивление — 42 %; недостаток подходящего ПО — 39 %; безопасность данных — 30 %	—	Нужны требования к контрагентам, обучение, управление изменениями и архитектура безопасности.
Технологическая зависимость	85 % используют зарубежное ПО наряду с отечественным; 88 % используют более 50 % решений внешних поставщиков	—	Приоритетны открытые форматы, переносимость данных, управление поставщиками и критическими интеграциями.
Б. Целевые показатели стратегического направления цифровой трансформации [4]			
Положительные заключения	47 % (2026)	95 %	Рост формализованного информационного обмена

Показатель	База / значение	Цель 2030 г.	Управленческая интерпретация
государственной экспертизы по документации в форме информационной модели			с экспертизой.
Субъекты РФ, передающие данные ГИСОГД в «Стройкомплекс.РФ» через витрины данных	15 % (2026)	100 %	Переход к межсистемному обмену и сопоставимости региональных данных.
Заключения экспертизы с заданием на проектирование в машиночитаемом XML	15 % (2026)	95 %	Снижение ручного ввода и возможность автоматизированных проверок.
Объекты капитального строительства, управляемые через информационные системы на этапах изысканий и строительства	40 % (2026)	100 %	Цифровое управление должно охватить не только проектирование, но и производство работ.
Жилищное строительство с онлайн-мониторингом	95 % (2026)	95 %	Поддержание высокого охвата требует качества и достоверности фактических данных.

Источник: составлено автором по данным [4; 5]. Цифры 2026–2030 гг. являются целевыми значениями стратегического документа, а не отчетом о фактическом достижении.

Сопоставление двух блоков таблицы 2 выявляет принципиальную особенность российской цифровой трансформации: государственные цели ориентированы на масштабирование формализованных данных и цифрового управления, тогда как корпоративные барьеры сосредоточены в области партнерской сети, стоимости, компетенций и культуры. Следовательно, достижение нормативных показателей не гарантирует экономического и экологического эффекта на уровне проекта. Для этого необходимо дополнить требования к формату данных требованиями к качеству процессов и результатам.

3.3. Сквозной цифровой контур устойчивого строительного производства

Предлагаемый сквозной контур основан на трех связанных уровнях. Первый уровень задает цели: требования заказчика и государства, параметры бизнеса проекта, экологические и социальные критерии. Второй уровень образует единое информационное ядро — среда общих данных, информационная модель, классификаторы, правила качества, версий, доступа и обмена. Третий уровень включает процессы жизненного цикла, в которых данные преобразуются в управленческие решения. Только при наличии обратной связи фактические данные позволяют корректировать модель и организацию работ.

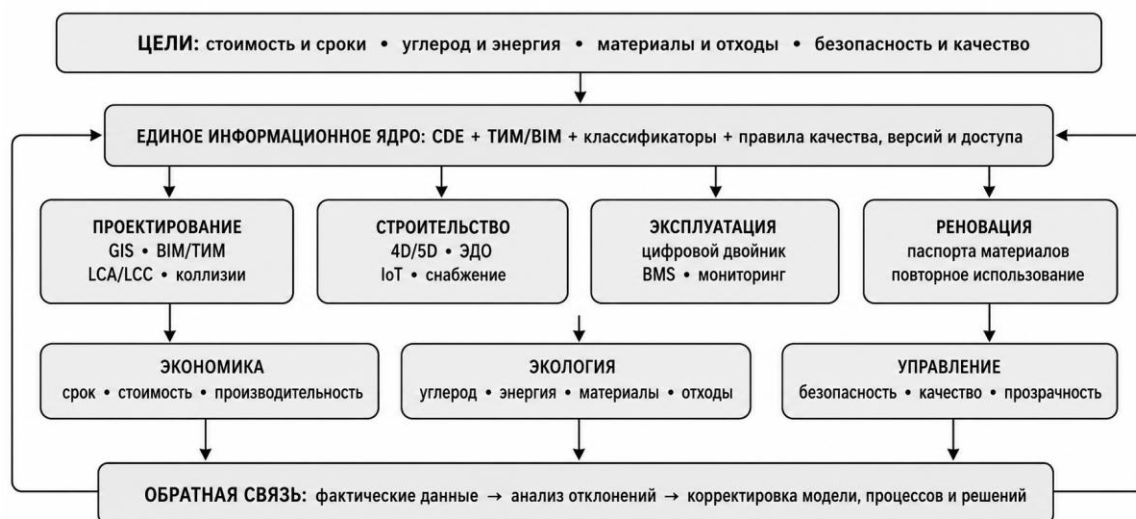


Рисунок 1 — Сквозной цифровой контур устойчивого строительного производства

Источник: разработано автором на основе [4; 7–9; 11–15].

На инвестиционно-проектной стадии ключевым является раннее связывание геометрии и спецификаций с требованиями, стоимостью жизненного цикла и экологическими характеристиками. BIM-LCA и BIM-LCC позволяют сопоставлять варианты не только по капитальным затратам, но и по ресурсам, выбросам и будущим эксплуатационным расходам. Однако научные обзоры отмечают проблемы совместимости и неполноту данных, поэтому корпоративная методика должна заранее определять обязательные свойства объектов модели, источники коэффициентов и правила обработки неопределенности. [7]

На стадии строительства информационная модель должна быть связана с календарным планом, бюджетом, договорами, поставками, исполнительной документацией и фактическими данными площадки. Цифровой эффект возникает при сокращении времени между событием и управленческой реакцией. Например, информация о фактическом объеме, отклонении поставки или выявленном несоответствии должна изменять прогноз срока, стоимости и потребности в ресурсах, а не сохраняться в изолированном журнале.

На стадии эксплуатации цифровой двойник отличается от статической модели наличием связи с фактическим состоянием актива и возможностью поддерживать решения по обслуживанию, энергии и надежности. Исследования цифровых двойников в устойчивом строительстве подчеркивают потенциал мониторинга, сценарного анализа и управления жизненным циклом, но также указывают на зависимость от качества сенсорных данных, семантики модели и межсистемной интеграции. [8; 15]

Завершение жизненного цикла должно быть предусмотрено еще на стадии проектирования. Цифровой паспорт материала или компонента может содержать сведения о составе, происхождении, технических характеристиках, сроке службы, демонтажепригодности и возможных сценариях повторного использования. Такая прослеживаемость переводит управление отходами из постфактум-операции в планируемый материальный цикл. При этом данные JRC показывают, что экологически предпочтительные варианты повторного использования и переработки могут требовать дополнительных финансовых затрат, поэтому цифровая модель должна поддерживать одновременно экологическую и технико-экономическую оценку. [9]

3.4. Модель цифровой зрелости строительной организации

Для практического внедрения предложена четырехуровневая модель зрелости. Она отражает переход от локальной автоматизации к управлению устойчивостью на основе жизненного цикла. Переход между уровнями определяется не количеством лицензий, а наличием организационных условий: владельцев данных и процессов, регламентов, интеграции систем, качества фактических данных, компетенций и измеримых показателей.

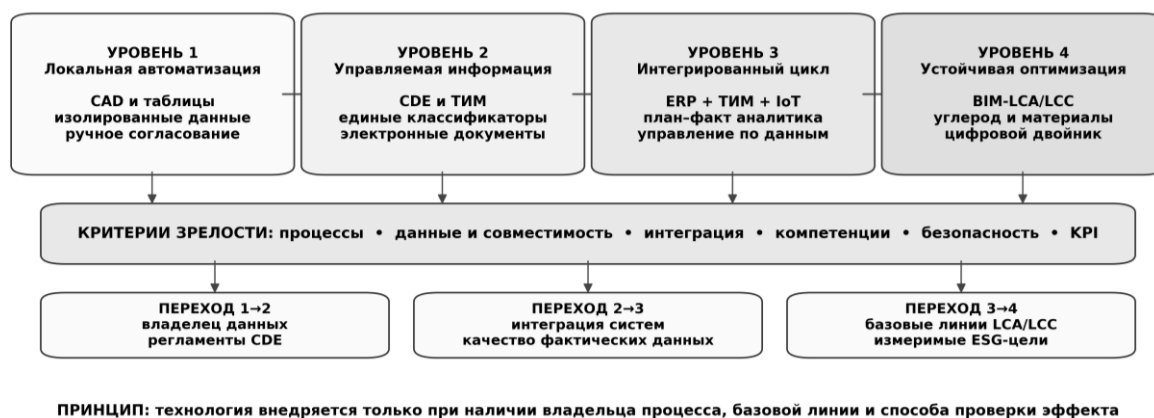


Рисунок 2 — Модель цифровой зрелости строительной организации

Источник: разработано автором на основе [5; 7; 8; 10–12; 15].

На первом уровне цифровые инструменты используются локально: CAD, электронные таблицы, отдельные учетные системы. Главный риск состоит в дублировании данных и ручном согласовании. Приоритетом становится инвентаризация информационных потоков, выбор критичных процессов и установление базовых значений показателей. Без базовой линии невозможно доказать эффект дальнейших инвестиций.

На втором уровне формируется управляемая информация: среда общих данных, правила именования и версий, информационная модель, электронная документация и единые классификаторы. Международный стандарт ISO 19650 рассматривает управление информацией как совокупность процедур обмена, регистрации, версионирования и организации данных для всех участников на протяжении жизненного цикла. Для российской организации этот уровень должен быть согласован с требованиями информационной модели и машиночитаемого взаимодействия. [2–4; 11]

Третий уровень предполагает интеграцию информационной модели с ERP, планированием, снабжением, IoT и проектной аналитикой. Здесь цифровизация перестает быть функцией BIM-подразделения и становится способом управления производством. Ключевыми условиями являются единые идентификаторы объектов и работ, сопоставление плановых и фактических данных и распределение ответственности за качество информации между подразделениями и контрагентами.

На четвертом уровне цифровой контур используется для оптимизации устойчивости и циркулярности: BIM-LCA/LCC, управление углеродным бюджетом, цифровые паспорта материалов, предиктивные модели, цифровой двойник и панель экологических, социальных и экономических показателей. Достижение этого уровня требует, чтобы показатели устойчивости были включены в процедуры выбора проектных решений, закупок, контроля производства и эксплуатации, а не рассчитывались только для внешней отчетности.

Для каждого цифрового проекта рекомендуется фиксировать связку из пяти элементов: проблема процесса; владелец результата; цифровое решение; базовая линия и целевой показатель; метод проверки. Экономические KPI могут включать отклонение срока и стоимости, стоимость переделок, продолжительность согласования, производительность и совокупную стоимость владения. Экологические KPI — углерод на единицу площади или продукции, энергопотребление, материалоемкость, отходы на единицу объема работ, долю повторного использования и прослеживаемость материалов. Социально-управленческие KPI — безопасность, качество, полнота обучения, соблюдение прав доступа и своевременность данных. Конкретный набор должен зависеть от типа проекта и доступности проверяемых исходных данных.

4. Обсуждение результатов

Предложенная модель показывает, что устойчивое развитие и цифровая трансформация не

являются параллельными программами. Устойчивость задает критерии результата, а цифровой контур обеспечивает данные и управляемость. Если цифровизация реализуется без целевых показателей, организация получает технологический набор без доказуемой ценности. Если устойчивость реализуется без сквозных данных, показатели рассчитываются постфактум и слабо влияют на производственные решения.

Систематический обзор инвестиционной ценности BIM подтверждает необходимость осторожного отношения к универсальным коэффициентам окупаемости: в литературе используются разные методы ROI и cost-benefit analysis, а нематериальные эффекты и эксплуатационная стадия учитываются неравномерно. Поэтому экономическое обоснование должно строиться на собственной базовой линии организации и проверяемых изменениях процесса — например, снижении стоимости переделок, времени обработки запросов, отклонений графика или трудозатрат на подготовку документации. [10]

Барьер низкой цифровизации подрядчиков означает, что корпоративная зрелость не может оцениваться только внутри головной организации. В договорных требованиях должны быть определены форматы обмена, ответственность за свойства модели, сроки обновления, правила доступа, критерии качества и порядок передачи результатов. При этом зависимость от внешних и зарубежных решений повышает значение открытых форматов, экспортируемости данных и независимости информационной модели от конкретного программного продукта. [5; 7; 11]

Отдельного внимания требуют кибербезопасность и доверие к данным. Рост онлайн-мониторинга и межсистемного обмена увеличивает число точек доступа и потенциальных ошибок. Поэтому архитектура должна включать разграничение прав, журналирование изменений, резервирование, проверку источников и процедуры реагирования. Эти меры не следует трактовать как внешнее ограничение цифровизации: они являются условием юридической и управленческой применимости цифровых данных.

Экологический эффект также не возникает автоматически. Информационная модель снижает отходы только тогда, когда используется для выявления ошибок, оптимизации спецификаций, планирования поставок и демонтажа. Цифровой двойник повышает энергоэффективность только при наличии достоверных датчиков, корректной модели и полномочий изменять режимы эксплуатации. Следовательно, оценивать необходимо не «внедрение BIM» или «наличие IoT», а изменение конкретного процесса и его результата.

Практическая последовательность трансформации может быть сформулирована следующим образом. Сначала определяется приоритетная проблема и базовая линия. Затем устанавливаются правила данных и среда общих данных. После этого интегрируются модель, календарно-стоимостные параметры и фактическое производство. На следующем этапе формируется жизненный цикл данных для эксплуатации, LCA/LCC и циркулярных сценариев. Масштабирование проводится после подтверждения эффекта и готовности партнерской сети. Такая последовательность снижает риск капиталоемкого внедрения без организационной готовности.

5. Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Масштаб экологических и экономических воздействий сектора зданий и строительства требует связывать цифровизацию с показателями устойчивого развития. Глобальные данные UNEP подтверждают значимость управления энергией, выбросами и материалами, а статистика Росстата — существенный масштаб российского строительного производства.

2. Российская нормативная политика последовательно переводит отрасль к информационным моделям, машиночитаемым данным, межсистемному обмену и цифровому проектному управлению. Цели до 2030 г. создают институциональную основу, но сами по себе не обеспечивают производственного эффекта.

3. Главные ограничения цифровизации имеют организационный характер. По отраслевому исследованию наиболее значимыми являются низкая цифровизация партнеров, стоимость внедрения, дефицит навыков и сопротивление изменениям. Это требует управления экосистемой контрагентов, компетенциями и архитектурой данных.

4. Цифровые технологии влияют на устойчивость через конкретные процессы: предотвращение ошибок и переделок, синхронизацию плановых и фактических данных, оценку жизненного цикла, мониторинг эксплуатации и прослеживаемость материалов. Зарубежные кейсы подтверждают наличие эффекта, но требуют осторожного переноса из-за различий условий.

5. Предложенный сквозной контур объединяет цели, единое информационное ядро, процессы жизненного цикла, систему экономических, экологических и социальных результатов и обратную связь. Он позволяет рассматривать цифровую трансформацию как систему управления, а не как набор программных продуктов.

6. Четырехуровневая модель зрелости задает последовательность перехода от локальной автоматизации к устойчивой и циркулярной оптимизации. Основным правилом инвестиционного решения должна быть обязательная связка «проблема — владелец — технология — показатель — проверка результата».

Дальнейшие исследования целесообразно направить на формирование сопоставимой российской базы фактических эффектов цифровых проектов, включая стоимость внедрения, снижение переделок, изменение продолжительности операций, экологические показатели и эффекты эксплуатации. Такая база позволит перейти от качественной оценки зрелости к отраслевому бенчмаркингу окупаемости и устойчивого результата.

Список источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 3268-р «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года» // Правительство России. URL: <https://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAM.pdf> (дата обращения: 20.07.2026).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» (ред. от 20.12.2022) // Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/all/133174/> (дата обращения: 20.07.2026).

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства, и требований к форматам указанных электронных документов» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050> (дата обращения: 20.07.2026).

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.03.2026 № 398-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202603030012> (дата обращения: 20.07.2026).

5. ДОМ.РФ Технологии; Фонд «Сколково». Цифровизация девелопмента: исследование. 2025. 58 с. URL: https://academy.tsus.ru/wp-content/uploads/2025/08/issledovanie_cifrovizaczii_developmenta_dom_rf_i_skolkovo_2025_fin.pdf (дата обращения: 20.07.2026).

6. Федеральная служба государственной статистики. Строительный комплекс России. 2024: статистический сборник. М.: Росстат, 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Stroit_kompleks_2024.pdf (дата обращения: 20.07.2026).

7. Akbari S., Sheikhhoshkar M., Pour Rahimian F., El Haouzi H. B., Najafi M., Talebi S. Sustainability and building information modelling: Integration, research gaps, and future directions // Automation in Construction. 2024. Vol. 163. Art. 105420. DOI: [10.1016/j.autcon.2024.105420](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105420).

8. Badenko V., Bolshakov N., Celani A., Puglisi V. Principles for Sustainable Integration of BIM and Digital Twin Technologies in Industrial Infrastructure // Sustainability. 2024. Vol. 16, no. 22. Art. 9885. DOI: [10.3390/su16229885](https://doi.org/10.3390/su16229885).
9. Cristóbal García J., Caro D., Foster G., Pristerà G., Gallo F., Tonini D. Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union: Status quo and prospective potential. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. EUR 31784 EN. JRC135470. DOI: 10.2760/721895. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135470> (дата обращения: 20.07.2026).
10. Gharaibeh L., Eriksson K., Lantz B. Quantifying BIM investment value: a systematic review // Journal of Engineering, Design and Technology. 2025. Vol. 23, no. 5. P. 1384–1403. DOI: [10.1108/JEDT-06-2023-0259](https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2023-0259).
11. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. 34 p. URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (дата обращения: 20.07.2026).
12. Oesterreich T. D., Teuteberg F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry // Computers in Industry. 2016. Vol. 83. P. 121–139. DOI: [10.1016/j.compind.2016.09.006](https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006).
13. United Nations Environment Programme; Global Alliance for Buildings and Construction. Global Status Report for Buildings and Construction 2025/2026: Not Just Another Brick in the Wall. Nairobi: UNEP, 2026. URL: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction-2025-2026> (дата обращения: 20.07.2026).
14. Won J., Cheng J. C. P., Lee G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea // Waste Management. 2016. Vol. 49. P. 170–180. DOI: [10.1016/j.wasman.2015.12.026](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.026).
15. Zahedi F., Alavi H., Majrouhi Sardroud J., Dang H. Digital Twins in the Sustainable Construction Industry // Buildings. 2024. Vol. 14, no. 11. Art. 3613. DOI: [10.3390/buildings14113613](https://doi.org/10.3390/buildings14113613).

Сведения об авторах

Набиев Рамазан Абдулмуминович, д.э.н., профессор кафедры экономики и управления предприятием, Астраханский государственный технический университет

Умеров Равиль Закарьяевич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительство», директор ассоциации - региональное отраслевое объединение работодателей саморегулируемая организация «Астраханские строители»

Байсаева Малика Усамовна, к.э.н., доцент кафедры «Финансы, кредит и антимонопольное регулирование», Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова

Information about the author

Nabiyev Ramazan Abdulmuminovich, Doctor of Economics, Professor of the Department of Economics and Enterprise Management Astrakhan State Technical University

Umerov Ravil Zakaryevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction, Director of the Association - regional branch association of employers self-regulating organization Astrakhan Builder

Baysaeva Malika Usamovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Finance, Credit and Antimonopoly Regulation, Kadyrov Chechen State University.