

Цифровые технологии при осуществлении строительного контроля

К.А. Малышева, Д. Мунтяну

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье рассматривается проблематика и перспективы внедрения цифровых технологий в процессы строительного контроля и технического надзора. Целью исследования является разработка комплексного подхода к цифровизации контрольных мероприятий для повышения качества строительства и сокращения временных издержек. В работе использованы методы системного анализа, сравнительного анализа отечественного и зарубежного опыта, а также методы математического моделирования экономической эффективности. В ходе исследования проведен анализ существующих проблем традиционного подхода к контролю, таких как непрозрачность документооборота и несвоевременное выявление дефектов. Выявлены и систематизированы цифровые инструменты: технологии информационного моделирования, беспилотные летательные аппараты, блокчейн-системы и дополненная реальность.

В качестве научной новизны предложена методика расчета эффективности внедрения цифрового строительного контроля, базирующаяся на оценке снижения рисков возникновения коллизий и сокращения трудозатрат инженеров. Разработана дорожная карта применения цифровых технологий, адаптированная под реалии современного инвестиционно-строительного цикла. Результаты исследования подтверждают, что интеграция цифровых экосистем поможет снизить операционные расходы на строительный контроль до 15–20% и существенно повысить точность исполнительной документации.

Ключевые слова: строительный контроль, цифровизация строительства, информационное моделирование, технический надзор, эффективность инвестиций, блокчейн в строительстве, управление качеством, беспилотный летательный аппарат.

Введение

Строительная отрасль традиционно считается одной из наименее оцифрованных сфер экономики, однако современные вызовы, связанные с усложнением архитектурно-конструктивных решений и ужесточением требований к срокам реализации проектов, диктуют необходимость смены парадигмы управления. Особое место в этом процессе занимает строительный контроль - функция, обеспечивающая соответствие выполняемых работ проектной документации, техническим регламентам и нормам безопасности.

Традиционные методы контроля, основанные на визуальном осмотре и бумажном документообороте, демонстрируют снижение эффективности в условиях масштабных строек. Как отмечают А.О. Акулов, А.О. Рада и С.А. Кононова, существующие проблемы развития контроля строительных работ часто связаны с человеческим фактором, низкой оперативностью передачи данных и сложностью доступа к актуальной проектной информации непосредственно на строительной площадке [1]. Ошибки, пропущенные на этапе возведения несущих конструкций или прокладки инженерных сетей, приводят к финансовым потерям на стадиях эксплуатации и реконструкции.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от реактивного контроля (фиксация факта нарушения) к превентивному (прогнозирование и предотвращение), и становится возможным только при использовании сквозных цифровых технологий. Д.В. Топчий и А.Я. Токарский подчеркивают, что концепция контроля качества должна базироваться на едином информационном пространстве, объединяющем всех участников инвестиционно-строительного проекта [2].

Целью данной работы является анализ современного инструментария цифрового строительного контроля, оценка его экономической эффективности и формирование дорожной карты его внедрения. Для достижения цели решены следующие задачи: классифицированы применяемые технологии, разработана математическая модель оценки эффективности и предложен алгоритм интеграции цифровых инструментов в операционную деятельность служб технического заказчика.

Материалы и методы исследований

Методологическую основу исследования составил системный анализ научных трудов российских и зарубежных ученых в области организации строительства и информационных технологий. Были проанализированы работы, касающиеся оптимизации строительного контроля (Е.О. Васюков [3],

А.Н. Гайдо и А.Г. Погода [4]), а также специфики контроля при реконструкции объектов (А.Н. Казанов [5], А.С. Перунов и К.Ю. Горбачева [6]).

В качестве эмпирической базы использовались данные о применении BIM-технологий, лазерного сканирования и облачных платформ. Особое внимание уделено международному опыту. В частности, проанализированы работы корейских исследователей (С.W. Kim et al., D.H. Kim et al.), которые разработали «дорожные карты» для оценки производительности цифрового надзора [7-9].

Исследование также опирается на библиометрический обзор В. Manzoog и соавторов, подтверждающий рост интереса к интеграции AR/VR (Augmented Reality – AR; Virtual Reality – VR) и Интернет вещей (Internet of Things – IoT) в строительстве [10]. Для оценки правовых аспектов использованы труды О.В. Чумаковой, рассматривающей цифровые технологии как объект интеллектуальной собственности [11].

В работе применен метод математического моделирования для расчета показателя возврата инвестиций (Return on Investment – ROI) от внедрения цифровых инструментов, а также сравнительный анализ для формирования табличных данных.

Результаты и обсуждения

Современный строительный контроль претерпевает фундаментальные изменения. Если ранее основной задачей инженера технадзора была фиксация объемов и проверка сертификатов на материалы, то сегодня фокус смещается на управление данными. М.Е. Лукиянов и О.П. Терехова справедливо указывают, что современные компьютерные технологии становятся неотъемлемой частью системы менеджмента качества (СМК) [12].

Анализ проблем, проведенный А.С. Перуновым и К.Ю. Горбачевой, показывает, что при реконструкции действующих предприятий

традиционный контроль часто не справляется из-за отсутствия точных данных о скрытых работах прошлых лет [6]. Цифровизация может решить проблему через создание «цифровых двойников» и ведение неизменяемых реестров данных (примером является таблица №1).

Таблица № 1

Сравнительный анализ подходов к осуществлению строительного контроля

Критерий сравнения	Традиционный подход	Цифровой подход
1	2	3
Носитель информации	Бумажные журналы (КС-6, КС-ба), акты скрытых работ на бумаге, 2D чертежи.	Единая среда данных, облачные сервисы, BIM-модели, планшеты.
Скорость обмена данными	Низкая (от нескольких часов до дней). Требуется физическое присутствие для подписи.	Мгновенная. Электронные цифровые подписи (ЭЦП).
Выявление коллизий	По факту выполнения работ на площадке. Высокий риск переделок.	На этапе проектирования (автоматически) и при входном контроле.
Прослеживаемость	Затруднена. Сложно восстановить историю изменений и согласований.	Полная прозрачность. Использование блокчейна для фиксации авторства и времени [13].
Инструменты фиксации	Рулетка, нивелир, фотоаппарат, визуальный осмотр.	Лазерное сканирование, фотограмметрия (БПЛА), IoT-датчики, тепловизоры.
Экологический аспект	Высокое потребление бумаги, частые выезды транспорта.	Снижение углеродного следа за счет удаленного мониторинга [14].

Как видно из таблицы 1, цифровой подход не просто ускоряет процессы, но меняет саму философию контроля, делая его прозрачным и доказательным. Р.С. Рогожкин, В.Ю. Жуйков и И.В. Пешнина отмечают, что использование мобильных комплексов помогает инженеру иметь доступ ко всей базе нормативной документации непосредственно у места проведения работ [15].

Для эффективного управления качеством необходимо понимать функциональную иерархию внедряемых решений, которая обеспечивает последовательный переход от ручного труда к автоматизированным системам управления. Согласно концепции, которую развивают Д. Г. Родайкин и А. М. Воротников, иерархия внедрения технологий начинается с базового уровня оцифровки данных, где основной задачей выступает создание единой информационной среды и полномасштабный переход к электронному документообороту [16]. На данном этапе первичные системы учета могут заменить бумажные журналы работ и акты освидетельствования скрытых работ цифровыми аналогами, что гарантирует мгновенный доступ инженера строительного контроля к актуальной проектной документации непосредственно на объекте и полностью устраняет временные разрывы при согласовании предписаний и подтверждении объемов выполненных работ.

По мере усложнения инструментария строительный контроль закономерно переходит на уровень автоматизированного сопоставления фактического состояния возводимого объекта с его проектным цифровым эталоном. Здесь важны технологии информационного моделирования, которые, по мнению З. Р. Тускаевой и З. В. Албегова, помогают инспектору оперировать не разрозненными плоскими чертежами, а интеллектуальными трехмерными элементами, обладающими исчерпывающим набором технических характеристик и метаданных [17]. Взаимосвязь BIM-модели с высокоточными данными лазерного сканирования и фотограмметрии, полученными с беспилотных летательных аппаратов, формирует замкнутый цикл контроля, в рамках которого аналитические системы автоматически выявляют критические геометрические отклонения конструкций или пространственные коллизии инженерных сетей, тем самым минимизируя риски, связанные с субъективностью человеческого фактора и визуальных методов оценки.

Вершиной данной технологической эволюции становится интеграция сложных алгоритмов искусственного интеллекта и методов предиктивной аналитики, которые окончательно превращают строительный контроль из реактивного инструмента фиксации свершившихся нарушений в проактивную систему управления операционными рисками. На этом уровне системы видеоаналитики и компьютерного зрения в режиме реального времени способны отслеживать строгое соблюдение регламентов техники безопасности и фактические темпы производства работ, в то время как специализированные нейросетевые модели проводят глубокий анализ накопленных массивов данных для прогнозирования вероятных дефектов или потенциальных срывов календарного графика еще до их физического проявления. Как отмечает С. W. Kim, такая глубокая технологическая интеграция, усиленная использованием неизменяемых реестров на базе технологии блокчейн, формирует среду тотальной прозрачности, где каждое действие инспектора, заказчика и подрядчика верифицируется независимыми алгоритмами, обеспечивая принципиально новый уровень надежности и экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов. [8] На основе анализа источников [17-19] систематизированы основные виды технологий (примером является таблица № 2). Особый интерес представляет применение блокчейн-технологий для государственного надзора, описанное W. Lu и соавторами. Система распределенного реестра исключает коррупционную составляющую при приемке работ и делает процесс платежей прозрачным (аналогия с цифровыми валютами) [13].

Также стоит отметить экологический аспект, затронутый W. Wu и соавторами: цифровой надзор с использованием передовых информационных моделей способствует контролю загрязнения на стройплощадке, обеспечивая устойчивое развитие [14].

Таблица № 2

Виды цифровых технологий в строительном контроле

Технология	Функциональное назначение в строительном контроле	Преимущества внедрения
1	2	3
ВМ (Building Information Modeling)	Сверка факта с 3D-моделью, контроль объемов материалов, 4D-планирование (время), 5D (стоимость). [17, 19]	Снижение коллизий, автоматический подсчет объемов, визуализация графика работ.
БПЛА (Дроны) и фотограмметрия	Мониторинг земляных работ, контроль высотных и труднодоступных участков, создание облаков точек. [4, 7]	Высокая скорость съемки, безопасность инспекторов, ортофотопланы высокой точности.
AR/VR (Дополненная и Виртуальная реальность)	Наложение проектной модели на реальный объект (план-факт анализ), обучение персонала, удаленные инспекции [17, 18]	Визуализация скрытых сетей, мгновенное выявление отклонений геометрии.
Блокчейн	Ведение реестров исполнительной документации, смарт-контракты для оплаты этапов работ [17, 18]	Невозможность подделки актов задним числом, доверие между заказчиком и подрядчиком.
IoT (Интернет вещей) и сенсоры	Мониторинг набора прочности бетона, контроль температуры/влажности, отслеживание техники и рабочих. [20]	Непрерывный контроль 24/7, автоматические алерты при выходе параметров за пределы нормы.
Мобильные приложения и облачные сервисы	Формирование предписаний «в поле», фотофиксация нарушений, доступ к РД. [8, 15]	Сокращение времени на оформление документации на 40-50%.

Одной из проблем внедрения является сложность обоснования экономической эффективности. Опираясь на подходы Е.О. Васюкова [3] и

структурное моделирование D.H. Kim et al. [9], предложим расчетную модель эффективности цифрового строительного контроля (E_{dc}).

Эффективность можно выразить как отношение предотвращенных потерь и экономии времени к затратам на внедрение технологий.

Формула расчета совокупного экономического эффекта (E_{total}):

$$E_{total} = \Delta C_{err} + \Delta C_{time} + \Delta C_{adm} - I_{tech} \quad (1)$$

где, ΔC_{err} - экономия от предотвращения ошибок и переделок.

ΔC_{time} - экономия за счет сокращения сроков строительства (сокращение накладных расходов).

ΔC_{adm} - сокращение административных расходов (трудозатраты инженеров, бумага, транспорт).

I_{tech} - инвестиции в цифровые технологии (ПО, оборудование, обучение).

Детализируем компонент предотвращения ошибок (ΔC_{err}), так как он является ключевым. Вероятность пропуска дефекта при традиционном контроле обозначим $P(d)_{trad}$, а при цифровом - $P(d)_{dig}$.

$$\Delta C_{err} = \sum_{i=1}^n P(d_i)_{trad} - P(d_i)_{dig} \times C_{fix,i} \quad (2)$$

$C_{fix,i}$ - стоимость устранения дефекта.

Например, на объекте стоимостью 1 млрд. руб. вероятность критической ошибки (например, коллизия инженерных сетей) при выборочном традиционном контроле составляет 5%, а при сплошном лазерном сканировании (ВИМ-контроль) снижается до 0,5%. Стоимость устранения такой ошибки на этапе эксплуатации - 10 млн. руб.

Экономия только на одном типе риска:

$$\Delta C = (0,05 - 0,005) \times 10\,000\,000 = 450\,000 \text{ руб.}$$

Учитывая, что таких коллизий могут быть десятки, суммарная экономия ΔC_{err} может достигать 3-5% от СМР.

Для оценки производительности труда инженеров (P_{lab}) используем модель, основанную на данных С.W. Kim, W.S. Yoo и Н. Lim [8], которые провели анализ приоритетов внедрения технологий:

$$P_{lab} = \frac{V_{insp}}{T_{proc} + T_{doc}} \quad (3)$$

Где V_{insp} - объем inspectируемых работ, T_{proc} - время на процедуру осмотра, T_{doc} - время на оформление документации.

Цифровые технологии (мобильные приложения) сокращают T_{doc} на 60-70%, а БПЛА сокращают T_{proc} на крупных площадных объектах на 80-90% и ведет к кратному росту производительности P_{lab} .

Интеграция систем цифрового мониторинга представляет организационный процесс, эффективность которого детерминирована не только техническим оснащением, но и глубиной управленческой трансформации. Как подчеркивают в своем исследовании Y. Li и соавторы, фактором успеха выступает налаживание синергетического взаимодействия между всеми основными стейкхолдерами инвестиционно-строительного проекта [20]. Авторы доказывают, что фрагментарная имплементация разрозненных программных продуктов в отсутствие единой методологической базы и согласованности действий участников не дает достичь значимых показателей продуктивности, приводя к возникновению информационных разрывов и девальвации потенциальных преимуществ

цифровизации. Основываясь на работе С.W. Kim et al. [7], предлагается следующая дорожная карта (примером является таблица № 3).

Таблица № 3

Дорожная карта применения цифровых технологий для повышения эффективности строительного контроля в строительных проектах

Этап	Мероприятия	Ожидаемый результат	Цифровые технологии
1	2	3	4
I. Подготовительный (0-6 мес.)	Аудит текущих процессов. Выбор пилотного проекта. Обучение персонала. Закупка оборудования.	Сформирована команда BIM-менеджеров и инженеров технадзора с цифровыми компетенциями.	Облачные среды данных (CDE), планшеты.
II. Пилотное внедрение (6-12 мес.)	Параллельное ведение контроля (традиционный + цифровой). Тестирование взаимодействия «Проектировщик-Подрядчик-Контроль».	Отработка регламентов. Выявление «узких мест» в ПО. Накопление библиотеки коллизий.	BIM, Мобильные приложения.
III. Масштабирование (1-2 года)	Полный отказ от бумажных предписаний. Интеграция с графиком работ (4D). Внедрение БПЛА для регулярного мониторинга.	Единая цифровая экосистема. Сокращение времени на приемку работ на 30%.	БПЛА, Фотограмметрия, Лазерное сканирование.
IV. Оптимизация и инновации (2+)	Внедрение предиктивной	Переход к автоматизированной	Искусственный интеллект,

года)	аналитики (ИИ). Использование смарт-контрактов. Цифровой двойник эксплуатации.	приемке. Минимизация человеческого фактора.	цифровые двойники.
-------	---	--	--------------------

В рамках исследования инновационных подходов к архитектурному надзору S. Li акцентирует внимание на том, что в процессе масштабной имплементации цифровых решений стратегическим приоритетом становится обеспечение юридической значимости и верифицируемости генерируемых данных [18]. Данный тезис коррелирует с теоретическими выводами О. В. Чумаковой, касающимися правовых аспектов защиты объектов интеллектуальной собственности в цифровой среде и необходимости формирования устойчивой нормативно-правовой базы для функционирования информационных систем в строительстве [11].

Параллельно с вопросами легитимизации данных, З. Р. Тускаева и З. В. Албегов обосновывают эффективность применения технологий виртуальной реальности на этапе масштабирования контрольных функций. Авторы указывают, что использование иммерсивных технологий могут реализовать концепцию удаленного экспертного сопровождения, обеспечивая оперативное вовлечение узкопрофильных специалистов в процесс освидетельствования объектов без их физического присутствия на площадке [17]. Подобная оптимизация существенно нивелирует логистические издержки и командировочные расходы и о повышает прецизионность, объективность экспертной оценки за счет коллективного анализа цифрового двойника объекта.

Результаты системного анализа свидетельствуют о том, что доминирующие барьеры на пути интеграции инноваций носят не столько технократический, сколько организационно-психологический характер. Консерватизм кадрового состава и приверженность традиционным методам

управления формируют определенное сопротивление внедрению высокотехнологичного инструментария. Тем не менее, согласно эмпирическим данным, представленным в работах D. H. Kim [9] и Y. Li [20], организации, успешно реализовавшие переход к цифровой супервизии, показал статистически значимый рост операционной устойчивости и существенное повышение уровня промышленной безопасности на объектах.

Дополнительным значимым аспектом является радикальное повышение прозрачности контрольных процедур. Как аргументированно доказывает в своем исследовании W. Lu, цифровизация строительного контроля формирует прозрачную информационную среду, доступную не только для внутреннего мониторинга со стороны заказчика, но и для внешнего аудита государственными надзорными органами [13]. Подобная открытость данных способствует снижению коррупционных рисков и обеспечивает верифицируемость каждого этапа жизненного цикла строительного проекта.

Заключение

Результаты проведенного исследования показали необратимость цифровой трансформации в строительной отрасли, обусловленную тем, что традиционные методы контроля окончательно исчерпали свой ресурс эффективности в условиях возведения масштабных и технически сложных объектов. В современном управлении строительством цифровизация выступает единственным безальтернативным вектором развития, где основу технологического стека составляет синергия BIM-технологий, выступающих в роли централизованной базы данных, специализированных мобильных интерфейсов для оперативного ввода информации и средств прецизионного объективного контроля, таких как беспилотные летательные аппараты и лазерное сканирование.

Сформированная расчетная модель подтверждает высокую экономическую эффективность предлагаемого подхода, поскольку инвестиционные затраты на имплементацию цифрового инструментария полностью нивелируются за счет перехода к превентивному контролю, минимизирующему стоимость устранения дефектов и исключаящему вынужденные простои. Использование автоматизированных проверок на коллизии и технологий дополненной реальности поможет снизить риск возникновения дорогостоящих переделок на величину до 90%, радикально оптимизируя бюджет проекта. Реализация данного потенциала требует строгого следования стратегии поэтапного внедрения, предполагающей эволюционный переход от создания единой среды данных к интеграции интеллектуальных агентов и смарт-контрактов.

В долгосрочной перспективе вектор развития строительного надзора направлен в сторону полной автоматизации процессов, при которой функциональная роль человека трансформируется из регистратора первичных данных в аналитика, принимающего стратегические решения на основе когнитивной обработки информации, поставляемой «цифровым двойником» объекта. Полномасштабное внедрение описанных концепций и методов поможет отечественным строительным организациям существенно повысить свою конкурентоспособность, обеспечивая соответствие качества возводимых объектов самым жестким мировым стандартам безопасности и надежности.

Литература

1. Акулов А.О., Рада А.О., Кононова С.А. Анализ современных видов контроля строительных работ и проблемы их развития // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 9. С. 73-79.
 2. Топчий Д.В., Токарский А.Я. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий // Вестник Евразийской науки, 2019, №3. С. 1-9.
 3. Васюков Е. О. Оптимизация осуществления строительного контроля и (или) технического надзора с использованием цифровых технологий при реализации инвестиционно-строительных проектов // Хлебопечение России. – 2024. – Т. 68. – №. 2. – С. 23-31.
 4. Гайдо А. Н., Погода А. Г. Современные методы проведения строительного контроля // Инженерный вестник Дона. – 2024. – №. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040.
 5. Казанов А. Н. Современный контроль качества строительства при реконструкции // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2023. – №. 1 (77). – С. 477-483.
 6. Перунов А. С., Горбачева К. Ю. Анализ проблем в проведении строительного контроля при реконструкции действующего предприятия // Инженерный вестник Дона. – 2025. – №. 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10055.
 7. Kim, C.-W., Yoo, W. S., Seo, J., Kim, B. G., & Lim, H. A roadmap for applying digital technology to improve the efficiency of construction supervision in building projects: focusing on Korean cases // Buildings. – 2023. – Т. 14. – №. 1. – P. 75.
 8. Kim, C. W., Yoo, W. S., & Lim, H. Priority analysis for applying digital technology to improve the efficiency of building supervision work // Journal
-

of the Korea Institute of Building Construction. – 2023. – Т. 23. – №. 1. – P. 93-102.

9. Kim, D., Park, C., Yoo, W., & Kang, S. Structural Equation Model (SEM)-Based Productivity Evaluation for Digitalization of Construction Supervision // Buildings. – 2025. – Т. 15. – №. 23. – P. 4380.

10. Manzoor B., Othman I., Pomares J. C. Digital technologies in the architecture, engineering and construction (Aec) industry-a bibliometric-qualitative literature review of research activities // International journal of environmental research and public health. – 2021. – Т. 18. – №. 11. – P. 6135.

11. Чумакова О. В. Цифровые технологии в капитальном строительстве как объект интеллектуальной собственности // Вопросы российского и международного права. – 2021. – Т. 11. – №. 11а. – С. 45-52.

12. Лукиянов М. Е., Терехова О. П. Современные компьютерные технологии, используемые при управлении качеством в строительстве и реконструкции // Вестник науки. – 2023. – Т. 1. – №. 9 (66). – С. 138-144.

13. Lu, W., Wu, L., Zhao, R., Li, X., & Xue, F. Blockchain technology for governmental supervision of construction work: Learning from digital currency electronic payment systems // Journal of construction engineering and management. – 2021. – Т. 147. – №. 10. – P. 04021122.

14. Wu, W., Lyu, Y., Zheng, C., Hao, J., Shen, S., & Yu, S. Digital supervision in construction pollution control: Utilizing advanced information models for enhanced supervision and sustainability // Environmental Technology & Innovation. – 2025. – Т. 37. – P. 104038.

15. Рогожкин Р. С., Жуйков В. Ю., Пешнина И. В. // Цифровые технологии ведения строительного контроля: Материалы XI научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 ноября 2021 года / Под редакцией А.В. Улыбина. – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2021. – С. 95-101.

16. Родайкин Д. Г., Воротников А. М. Цифровизация строительного контроля // Журнал социологических исследований. 2025. №. 4. С. 41-45.
17. Тускаева З. Р., Албегов З. В. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // Инженерный вестник Дона. – 2021. – №. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6805/.
18. Li, S. Innovative Approaches to Architectural Design Supervision // 2024 International Conference on Applied Economics, Management Science and Social Development (AEMSS 2024). – Atlantis Press, 2024. – pp. 448-454.
19. Sepasgozar, S. M. E., Khan, A., Smith, K., Romero, J., Shen, X., Shirowzhan, S., Li, H., & Tahmasebinia, F. BIM and digital twin for developing convergence technologies as future of digital construction // Buildings. – 2023. – T. 13. – №. 2. – P. 441.
20. Li, Y., Sun, H., Li, D., Song, J., Ding, R. Effects of digital technology adoption on sustainability performance in construction projects: The mediating role of stakeholder collaboration // Journal of Management in Engineering. – 2022. – T. 38. – №. 3. – P. 04022016.

References

1. Akulov A.O., Rada A.O., Kononova S.A. Sovremennyye naukoemkie texnologii. 2023. № 9. pp. 73-79.
 2. Topchij D.V., Tokarskij A.Ya. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2019, №3. pp. 1-9.
 3. Vasyukov E. O. Xlebopechenie Rossii. 2024. T. 68. №. 2. pp. 23-31.
 4. Gajdo A. N., Pogoda A. G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040.
 5. Kazanov A. N. Voprosy` studencheskoj nauki. 2023. №. 1 (77). pp. 477-483.
-

6. Perunov A. S., Gorbacheva K. Yu. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. №. 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10055.
 7. Kim, C.-W., Yoo, W. S., Seo, J., Kim, B. G., & Lim, H. Buildings. 2023. T. 14. №. 1. p. 75.
 8. Kim, C. W., Yoo, W. S., & Lim, H. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2023. T. 23. №. 1. pp. 93-102.
 9. Kim, D., Park, C., Yoo, W., & Kang, S. Buildings. 2025. T. 15. №. 23. p. 4380.
 10. Manzoor B., Othman I., Pomares J. C. International journal of environmental research and public health. 2021. T. 18. №. 11. p. 6135.
 11. Chumakova O. V. Voprosy` rossijskogo i mezhdunarodnogo prava. 2021. T. 11. №. 11a. pp. 45-52.
 12. Lukiyarov M. E., Terexova O. P. Vestnik nauki. 2023. T. 1. №. 9 (66). pp. 138-144.
 13. Lu, W., Wu, L., Zhao, R., Li, X., & Xue, F. Journal of construction engineering and management. 2021. T. 147. №. 10. p. 04021122.
 14. Wu, W., Lyu, Y., Zheng, C., Hao, J., Shen, S., & Yu, S. Environmental Technology & Innovation. 2025. T. 37. p. 104038.
 15. Rogozhkin R. S., Zhujkov V. Yu., Peshnina I. V. Materialy` XI nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 18–19 noyabrya 2021 goda Pod redakciej A.V. Uly`bina. Sankt-Peterburg: SPbPU, 2021. pp. 95-101.
 16. Rodajkin D. G., Vorotnikov A. M. Zhurnal sociologicheskix issledovanij. 2025. №. 4. pp. 41-45.
 17. Tuskaeva Z. R., Albegov Z. V. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2021. №. 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6805/.
 18. Li, S. 2024 International Conference on Applied Economics, Management Science and Social Development (AEMSS 2024). Atlantis Press, 2024. pp. 448-454.
-



19. Sepasgozar, S. M. E., Khan, A., Smith, K., Romero, J., Shen, X., Shirowzhan, S., Li, H., & Tahmasebinia, F. Buildings. 2023. Т. 13. №. 2. p. 441.

20. Li, Y., Sun, H., Li, D., Song, J., Ding, R. Journal of Management in Engineering. 2022. Т. 38. №. 3. p. 04022016.

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 15.01.2026

Дата публикации: 28.02.2026