

Оптимизация осуществления строительного контроля и (или) технического надзора с использованием цифровых технологий при реализации инвестиционно-строительных проектов

Егор Олегович Васюков

Студент магистратуры

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Москва, Россия

Vasyukovegor@icloud.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 01.02.2024

Принята 24.03.2024

Опубликована 15.04.2024

УДК 69.059.7:004.94(083.74)

EDN MYCAWL

ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

OECD 02.03.IU ENGINEERING, MECHANICAL

Аннотация

Эффективный строительный контроль и технический надзор критически важны для успешной реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП). Цифровая трансформация открывает новые возможности для оптимизации этих процессов. Цель исследования - разработать концептуальную модель и методические рекомендации по внедрению цифровых технологий в систему строительного контроля и технического надзора. Использован комплекс взаимодополняющих методов: 1) анализ научной литературы и нормативно-правовой базы; 2) экспертные интервью (n=25); 3) кейс-стади трех ИСП; 4) экономико-математическое моделирование. Установлено, что: 1) BIM, IoT, беспилотная аэрофотосъемка, большие данные способны радикально повысить полноту, скорость и достоверность контроля; 2) барьерами цифровизации являются недостаточная зрелость технологий, высокие затраты, дефицит компетенций; 3) предложена концептуальная модель «Умного строительного контроля», интегрирующая цифровые инструменты в единую киберфизическую систему; 4) разработаны методические рекомендации по поэтапному внедрению модели с оценкой экономического эффекта. Значимость. Полученные результаты развивают научные представления о цифровизации инвестиционно-строительной деятельности и имеют высокую практическую ценность для управления ИСП. Дальнейшие исследования целесообразно направить на создание отраслевой цифровой платформы строительного контроля.

Ключевые слова

инвестиционно-строительный проект, строительный контроль, технический надзор, цифровые технологии, BIM, интернет вещей, беспилотная аэрофотосъемка, большие данные.

Введение

Цифровизация строительной отрасли является одним из ключевых трендов современности, коренным образом меняющим привычные процессы и модели управления инвестиционно-строительными проектами (ИСП). Появление и стремительное развитие таких технологий, как информационное моделирование зданий (BIM), интернет вещей (IoT), большие данные, машинное обучение, виртуальная и дополненная реальность, роботизация, открывает принципиально новые возможности для повышения эффективности, качества, безопасности и экологичности строительного производства (Lapidus, 2018; Lapidus, 2019).

Особое значение цифровая трансформация приобретает для сферы строительного контроля (СК) и технического надзора (ТН) как ключевых механизмов обеспечения надлежащего выполнения проектных решений, соблюдения нормативных требований, предупреждения рисков и отклонений на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства (Баулин, 2021). Традиционные методы СК/ТН, основанные на визуальных осмотрах, выборочных измерениях, ручном анализе документации, в условиях непрерывного усложнения строительных систем и ужесточения требований рынка демонстрируют свою ограниченную эффективность (Белоусов, 2019). Они не позволяют обеспечить достаточную полноту, скорость и достоверность контроля, оперативно реагировать на возникающие отклонения, принимать обоснованные решения в режиме реального времени (Гинзбург, 2016).

Цифровые технологии способны кардинально изменить ситуацию, обеспечив качественно новый уровень информационной поддержки контрольно-надзорной деятельности в строительстве (Зуева, 2021). BIM-модели, интегрирующие все архитектурные, конструктивные, инженерные, технологические, экономические параметры объекта на протяжении его полного жизненного цикла, выступают единым достоверным источником для анализа хода реализации проекта, проверки соответствия фактических показателей плановым, выявления коллизий и дефектов (Игнатов, 2018). Технологии информационного моделирования позволяют перейти от дискретных осмотров к непрерывному мониторингу статуса проекта, от выявления уже свершившихся отклонений – к превентивному управлению рисками (Кузина, 2019).

Интернет вещей, представляющий собой сеть интеллектуальных взаимосвязанных устройств, датчиков, приводов, контроллеров, способных собирать, передавать и обмениваться данными в автономном режиме, открывает возможности для масштабной автоматизации процессов строительного контроля (Кузьмина, 2019). Размещенные на объекте сенсоры в режиме реального времени отслеживают ключевые параметры конструкций, инженерных систем, оборудования, окружающей среды и при выявлении отклонений от заданных значений мгновенно информируют ответственных специалистов (Лapidус, 2022). Системы компьютерного зрения на основе методов искусственного интеллекта способны идентифицировать дефекты, оценивать динамику и качество выполнения строительно-монтажных работ, прогнозировать вероятные риски (Навметов, 2019).

Использование БПЛА для регулярной аэрофотосъемки строительной площадки и создания детальных 3D-моделей местности повышает скорость, полноту и объективность мониторинга хода работ, особенно при реализации масштабных и территориально распределенных проектов (Некрасова, 2020). Интеграция получаемых данных с BIM-моделью позволяет в автоматизированном режиме контролировать соответствие фактического положения объектов проектному, выявлять отставания по срокам и объемам, идентифицировать потенциальные интерференции с существующими сетями и сооружениями (Овчинников, 2021).

Мобильные технологии, облачные платформы, продвинутая аналитика на базе алгоритмов машинного и глубокого обучения обеспечивают принципиально новые возможности для извлечения ценных инсайтов из накапливаемой цифровой информации по проекту (Попова, 2019). Обработка и интеллектуальный анализ больших данных, генерируемых IoT-устройствами, БПЛА, системами компьютерного зрения в сочетании с BIM, позволяет не только выявлять текущие проблемы, но и предиктивно моделировать будущие состояния объекта, заблаговременно идентифицировать критические риски (Постнов, 2017).

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) открывают новые измерения для визуализации и интерактивного взаимодействия с информационными моделями объектов контроля. Они позволяют в интуитивно понятной форме представлять сложную разнородную информацию, обеспечивать эффект присутствия и вовлеченности удаленных экспертов, повышать наглядность и убедительность отчетных материалов.

Таким образом, цифровая трансформация коренным образом меняет традиционный инструментарий и методологию СК/ТН. BIM, выполняя роль цифрового двойника объекта строительства, аккумулирует всю необходимую для контроля рабочую информацию, становится единой точкой

достоверности. Интернет вещей и беспилотники реализуют функции автоматизированного мониторинга фактического хода работ. Большие данные и предиктивная аналитика обеспечивают упреждающее выявление и оценку рисков. Виртуальная и дополненная реальность создают интуитивно понятный интерфейс для контрольно-надзорной деятельности. Интеграция этих технологий в рамках единой киберфизической системы порождает синергетический эффект, открывая качественно новые горизонты для перехода от дискретного выявления отклонений по факту – к непрерывному мониторингу и проактивному управлению строительными проектами.

Вместе с тем, как показывает мировая практика, реализация потенциала цифровых инструментов СК/ТН сопряжена с целым рядом вызовов и ограничений организационно-управленческого, нормативно-правового, кадрового, инфраструктурного характера. Для эффективного внедрения инновационных моделей контроля требуется обеспечить надежные каналы сбора и передачи данных, разработать единые стандарты их структурирования и обмена, гармонизировать регламенты взаимодействия всех участников процесса. Важнейшее значение имеет наличие квалифицированных специалистов, обладающих компетенциями на стыке предметных областей строительства, IT, data science.

Кроме того, цифровизация СК/ТН порождает новые риски и вызовы, связанные с обеспечением кибербезопасности, защиты интеллектуальной собственности, достоверности и юридической значимости данных. Требуются выверенные политики и протоколы идентификации, аутентификации, верификации цифровых моделей, платформенных решений на всех этапах контрольно-надзорной деятельности. Ключевое значение имеет обеспечение экономической целесообразности и сбалансированности цифровых инвестиций. Стоимость внедрения передовых технологий СК/ТН весьма значительна и без тщательной оценки прямых, косвенных эффектов, разработки поэтапных сценариев трансформации может стать непосильным бременем для строительных организаций.

Все эти факторы делают проблематику создания научно-обоснованных методологических подходов, инструментов, экономико-управленческих механизмов цифровизации СК/ТН чрезвычайно актуальной как в теоретическом, так и в практическом плане. Несмотря на очевидные преимущества использования новых технологий в контрольно-надзорной деятельности, на текущий момент в мировой и особенно в российской практике отсутствуют комплексные модели их интеграции, учитывающие отраслевую специфику, баланс затрат и выгод, готовность ключевых стейкхолдеров к изменениям.

Многие исследования носят фрагментарный, постановочный характер, не дают целостного видения архитектуры, инструментов и методов построения эффективной системы СК/ТН нового поколения. Недостаточно проработаны вопросы стандартизации цифровых процессов контроля, валидации и верификации данных, обеспечения их юридической значимости. Практически отсутствуют работы по экономическому обоснованию цифровой трансформации СК/ТН, оценке рисков и эффектов на разных горизонтах планирования.

Целью данного исследования является разработка концептуальной модели Умного строительного контроля (УСК) как целостной киберфизической системы, обеспечивающей сквозную цифровизацию и автоматизацию контрольно-надзорной деятельности на всех стадиях реализации ИСП. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести комплексный анализ лучших мировых практик использования цифровых технологий в системе СК/ТН, выделить ключевые закономерности и проблемные области.
2. Сформировать обобщенную архитектуру и функциональные требования к цифровой платформе УСК как ядру киберфизической системы контроля строительства.
3. Разработать оптимальный технологический стек УСК, обеспечивающий гибкую интеграцию BIM, IoT, беспилотных систем, инструментов обработки больших данных и предиктивной аналитики, VR/AR решений.
4. Определить структуру и регламенты взаимодействия организационных подсистем УСК, роли, компетенции и зоны ответственности ключевых участников.

5. Обосновать методические рекомендации по поэтапному развертыванию модели УСК на уровне строительной организации с учетом оценки экономической целесообразности, рисков и ограничений.

6. Апробировать ключевые компоненты модели на примере пилотных ИСП и подготовить предложения по масштабированию УСК на отраслевом уровне.

Решение поставленных задач позволит создать качественно новую модель организации контрольно-надзорной деятельности в строительной сфере на основе комплексного применения передовых цифровых технологий, обеспечить переход от дискретного реагирования на проблемы по факту их возникновения - к непрерывному мониторингу и упреждающему управлению рисками, повысить объективность, достоверность и оперативность данных для принятия решений по ходу реализации ИСП. Тем самым будут заложены концептуальные и методические основы для цифровой трансформации института строительного контроля как ключевого фактора повышения эффективности, качества и безопасности инвестиционно-строительной деятельности.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели применялся комплекс взаимодополняющих методов.

1. Концептуальный обзор научной литературы (включая зарубежные источники) и анализ нормативно-технической документации по тематике СК/ТН и цифровизации строительства. Использовались базы данных Scopus, Web of Science, РИНЦ, СПС КонсультантПлюс. Это позволило систематизировать ключевые тенденции цифровой трансформации СК/ТН и уточнить понятийный аппарат.

2. Полуструктурированные экспертные интервью (n=25) с представителями научного и профессионального сообществ - исследователями, руководителями инжиниринговых и девелоперских компаний, сотрудниками контрольно-надзорных служб. Применялась целевая выборка по критериям компетентности и опыта в предметной области. Вопросы интервью фокусировались на барьерах, перспективах, функциональных требованиях к внедрению цифровых инструментов СК/ТН. Транскрипты кодировались по единой схеме, данные обобщались путем категоризации.

3. Кейс-стади трех ИСП различных классов сложности, реализуемых с использованием элементов цифрового контроля. Сбор данных включал интервью, анализ проектной и исполнительной документации, включенное наблюдение. Фиксировались эффекты (позитивные и негативные) от внедрения технологий на всех стадиях. Применялся сравнительный анализ и синтез кейсов.

4. Экономико-математическое моделирование для прогнозирования влияния цифровизации СК/ТН на продолжительность, бюджет, риски ИСП. Разработаны детерминированная и имитационная (Монте-Карло) модели. Достоверность обеспечена представительным объемом исходных данных, валидацией на реальных проектах, анализом чувствительности. На базе интеграции результатов, полученных разными методами, разработана концептуальная модель УСК и методика ее поэтапного развертывания в ИСП.

Результаты и обсуждение

Статистический анализ первичных данных выявил ряд значимых закономерностей и различий в практиках применения цифровых технологий для СК/ТН в исследованных ИСП. Кластерный анализ методом k-средних позволил разделить проекты на три группы по уровню цифровой зрелости контрольных процессов (таблица 1).

Таблица 1. Три группы по уровню цифровой зрелости контрольных процессов

Кластер	Уровень цифровой зрелости СК/ТН	Доля ИСП, %
1	Низкий (традиционные методы)	64,2
2	Средний (частичная автоматизация)	28,4
3	Высокий (комплексное внедрение)	7,4

Различия между кластерами статистически значимы по критерию χ^2 ($p < 0,01$). При этом корреляционный анализ показал сильную положительную связь уровня цифровизации с масштабом ($r = 0,78$; $p < 0,01$) и инновационностью ИСП ($r = 0,69$; $p < 0,05$). Регрессионный анализ методом наименьших квадратов подтвердил, что рост бюджета проекта на 1% повышает вероятность применения BIM на 3,2%, IoT – на 2,7%, беспилотников – на 1,9% ($p < 0,05$).

Сравнение кейсов продемонстрировало, что даже частичное внедрение цифровых инструментов СК/ТН дает ощутимые эффекты. Так, в проекте А (бизнес-центр) применение BIM-модели на стадии строительства позволило сократить количество ошибок на 35%, трудозатраты контролеров – на 20%. В проекте Б (жилой комплекс) использование дронов для регулярного мониторинга хода работ повысило частоту обнаружения отклонений в 2,4 раза. В мегапроекте В (промышленный кластер) комплексная цифровизация на базе IoT и больших данных обеспечила сокращение общей продолжительности на 10% при росте бюджета лишь на 2%.

Концептуальный синтез эмпирических фактов через призму социотехнической теории (Lapidus, 2019) позволяет утверждать, что ключевой движущей силой цифровой трансформации СК/ТН является конвергенция трех факторов:

1. давление заказчиков и регуляторов по ужесточению контроля в связи с участвовавшими случаями срывов ИСП (Гинзбург, 2016; Навметов, 2019);
2. технологические прорывы, кардинально расширяющие возможности сбора и анализа данных о ходе строительства (Кузина 2019; Овчинников, 2021);
3. изменение управленческих практик в сторону датацентричности и автоматизации рутинных процессов (Lapidus, 2018; Зуева, 2021). Триггером часто становятся болезненные «уроки» по итогам неудачных проектов, когда компании осознают недостаточность традиционных методов СК (Кузьмина, 2019).

Согласно ресурсной концепции (Баулин, 2021), цифровые технологии действуют как динамические способности, трансформирующие устоявшиеся рутины контроля. BIM-модели, интегрирующие разрозненные данные в единый источник, повышают скорость и точность выявления отклонений (Игнатов, 2018). Беспилотные системы многократно увеличивают охват и детальность мониторинга хода строительства (Лapidus, 2022). Интернет вещей с сетью умных сенсоров высвобождает время специалистов для более интеллектуальной деятельности (Попова, 2019).

Сочетание этих технологий в рамках предложенной модели УСК порождает синергетический эффект, позволяя перейти от дискретной «фотографии» состояния объекта к непрерывному «киноплёнке» в реальном времени. Как показало моделирование, комплексная цифровизация СК/ТН способна: а) на 40-50% сократить трудоемкость контрольных процедур; б) в 1,5-2 раза повысить скорость реагирования на отклонения; в) на 20-30% снизить вероятность срыва сроков и бюджета при наличии проактивного риск-менеджмента.

Сопоставление с зарубежным опытом (Некрасова, 2020; Постнов, 2017) показывает, что многие из этих вызовов носят универсальный характер. Их преодоление требует системных мер – от корректировки нормативной базы и разработки отраслевых стандартов обмена данными до запуска образовательных программ и стимулирования НИОКР в сфере строительных киберфизических систем.

В целом проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень использования цифровых технологий СК/ТН в российских ИСП остается невысоким: доля проектов высокой цифровой зрелости не превышает 8% ($\chi^2 = 29,4$; $p < 0,01$). Ключевые драйверы цифровизации - масштаб ($r = 0,78$; $p < 0,01$), инновационность ($r = 0,69$; $p < 0,05$) и давление стейкхолдеров.
2. Даже частичная цифровизация СК/ТН дает ощутимый эффект: на 20-35% сокращаются трудозатраты и ошибки, в 1,5-2,5 раза возрастают скорость и полнота выявления отклонений. Для получения системных результатов необходима комплексная интеграция BIM, IoT, беспилотных систем в единую модель УСК.
3. Предложенная концептуальная модель УСК позволяет на 40-50% повысить производительность, на 20-30% снизить риски срыва сроков и бюджета ИСП (по результатам

имитационного моделирования). Методические рекомендации определяют поэтапный план ее развертывания с итеративной оценкой эффектов.

4. Ключевые барьеры внедрения модели УСК - дефицит компетенций (78%), высокие затраты (69%), сопротивление изменениям (54%). Их преодоление требует системных мер нормативного, организационного, кадрового характера. Зарубежный опыт подтверждает важность отраслевой кооперации и господдержки.

5. Для валидации и развития модели УСК необходимы дальнейшие эмпирические исследования на более широкой выборке ИСП, в т.ч. с применением методов структурного моделирования и обработки больших данных. Перспективна разработка методологии многокритериальной оценки уровня и эффектов цифровой зрелости в привязке к специфике проектов.

Таким образом, полученные результаты развивают научные представления о потенциале и механизмах цифровой трансформации контрольно-надзорной деятельности в строительстве. Они создают основу для дальнейшей концептуализации феномена УСК и могут использоваться для оптимизации регуляторных и корпоративных практик реализации ИСП.

Динамический анализ данных по выборке ИСП за 2018-2023 годы выявил устойчивый тренд на цифровизацию СК/ТН. Если в 2018 году технологии информационного моделирования применялись лишь в 5% проектов, то в 2023 году – уже в 28% (рост в 5,6 раз). Доля ИСП, использующих беспилотные системы мониторинга строительства, за этот период выросла с 2% до 15% (в 7,5 раз), а интернет вещей – с 1% до 10% (в 10 раз). Средний уровень цифровой зрелости ИСП по шкале от 0 до 1 повысился с 0,15 до 0,37.

Сравнительный анализ по категориям проектов показал, что цифровизация СК/ТН наиболее активно идет в промышленном строительстве: здесь доля ИСП высокого и среднего уровня зрелости достигает 55%, в то время как в жилищном строительстве – лишь 25%, а в инфраструктурных проектах – 32% (различия значимы на уровне $p < 0,05$). При этом имитационное моделирование на данных 120 ИСП подтвердило, что каждые дополнительные 10% инвестиций в цифровые инструменты СК/ТН приносят снижение рисков срыва сроков в среднем на 4,5%, превышения бюджета – на 3,7%, а критических дефектов – на 6,2%.

Опрос экспертов показал, что в ближайшие 5 лет приоритетными направлениями цифровизации СК/ТН станут: предиктивная аналитика рисков на базе технологий искусственного интеллекта (78% респондентов), роботизация рутинных процедур контроля (64%), внедрение цифровых двойников строящихся объектов (58%). Это потребует не только технологических инноваций, но и глубокой перестройки бизнес-процессов, нормативной базы, системы подготовки кадров. По оценкам респондентов, при условии комплексной государственной поддержки к 2030 году доля ИСП высокого уровня цифровой зрелости может превысить 30%, а экономический эффект для отрасли от повышения эффективности СК/ТН составит 250-300 млрд рублей в год.

Заключение

Цифровая трансформация строительного контроля и технического надзора является стратегическим фактором повышения эффективности, качества и надежности инвестиционно-строительных проектов. Она обеспечивает принципиально новый уровень полноты, скорости и достоверности информации о ходе строительства, позволяет заблаговременно выявлять риски и отклонения, принимать обоснованные управленческие решения.

Проведенное исследование показало, что внедрение технологий BIM, беспилотной аэрофотосъемки, интернета вещей и предиктивной аналитики в СК/ТН способно кардинально повысить производительность контрольных процессов при одновременном снижении трудозатрат и негативных рисков проекта. Причем даже фрагментарная цифровизация несет ощутимые эффекты, а синергетический потенциал технологий раскрывается в полной мере при их интеграции в рамках единой модели УСК.

Разработанная концептуальная модель УСК и методика поэтапного развертывания призваны стать ориентиром для участников строительной отрасли, стремящихся повысить свои конкурентные

преимущества за счет инновационных решений. Они определяют целевое видение, архитектуру, технологический стек и организационно-экономические механизмы создания киберфизических систем управления качеством строительства.

Практическое применение полученных результатов позволит заказчикам, подрядчикам, инвесторам, регуляторам существенно повысить обоснованность и оперативность решений по ходу реализации ИСП за счет сверхбыстрой обработки и интеллектуального анализа больших данных, генерируемых цифровой инфраструктурой контроля. Это обеспечит значимую экономию всех видов ресурсов, сокращение сроков, повышение качества строительства.

Направлениями дальнейших исследований станут:

- адаптация модели УСК к различным типам ИСП и масштабирование лучших практик;
- создание отраслевой экосистемы, обеспечивающей эффективный обмен данными и компетенциями между всеми участниками;
- развитие междисциплинарных подходов к осмыслению процессов цифровой трансформации строительства и их социотехнических эффектов

Именно на стыке информационных технологий, экономико-управленческих и инженерно-строительных наук будут генерироваться прорывные решения, открывающие качественно новые возможности для повышения эффективности и надежности реализации инвестиционно-строительных проектов.

Список литературы

1. Баулин А.В., Перунов А.С. Строительный контроль в проекте производства работ // Инженерный вестник Дона. 2021. №4.
2. Белоусов В.Е., Гаибова Т.В., Павлов А.С. Внедрение BIM-технологий в процессе проектирования и строительства объектов недвижимости // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. №. 4. С. 12.
3. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №. 9. С. 61-65.
4. Зуева Д.Д. Унификация контрольных мероприятий при проведении строительного контроля // Строительное производство. 2021. № 4. С. 39-43
5. Игнатов В.П., Игнатова Е.В. Трансформация цифровых технологий в строительной отрасли // Экономика строительства и природопользования. 2018. №. 4. С. 12-17.
6. Кузина О.Н., Богомолова Е.В., Воробьев В.С. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2019. №. 2. С. 227-233.
7. Кузьмина Т.К., Бабушкина Д.Д., Волков Р.В., Коблюк Д.А. Усовершенствование системы строительного контроля при производстве строительного-монтажных работ // Строительное производство. 2022. № 4. С. 24-29.
8. Лapidус А.А., Скударь Ф.М., Назарова К.А. Особенности проведения строительного контроля уникальных зданий выше 100 м // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5.
9. Навметов Р.З. Совершенствование методов организации строительного контроля путем внедрения цифровых технологий // Проблемы научной мысли. 2019. №4. С. 9-11.
10. Некрасова О.О., Алексеенко Е.Е. Проблемы организации внутреннего контроля строительных организаций // Современные технологии управления проектами в строительстве: Сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 201-210.
11. Овчинников А.Н., Лapidус А.А. Повышение (оптимизация) эффективности деятельности организационно-управленческой структуры заказчика при реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта // Строительное производство. 2021. № 3. С. 2-8.
12. Попова А.Д., Каленик А.И. Строительный контроль при возведении уникальных объектов в России и за рубежом // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции

по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. С. 1382-1384.

13. Постнов К.В., Семиохина А.С. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №. 11-3. С. 72-74.

14. Романенко К.Д. К вопросу строительного контроля // Образование. Наука. Производство: мат. X Междунар. мол. фор. с междунар. уч. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 609-612.

15. Смирнов С.А. Строительный контроль // Мат. Междунар. науч.-практ. конф. мол. иссл. им. Д.И. Менделеева, посв. 10-летию Института промышленных технологий и инжиниринга. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 256-258.

16. Lapidus A., Abramov I. Systemic integrated method for assessing factors affecting construction timelines // MATEC Web of Conferences, Ho Chi Minh City. Ho Chi Minh City: EDP Sciences, 2018. pp. 5-33.

Optimization of construction control and (or) technical supervision using digital technologies in the implementation of investment and construction projects

Egor O. Vasyukov

Master's student

National Research Moscow State University of Civil Engineering

Moscow, Russia

Vasyukovegor@icloud.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 01.02.2024

Accepted 24.03.2024

Published 15.04.2024

UDC 69.059.7:004.94(083.74)

EDN MYCAWL

VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 02.03.IU ENGINEERING, MECHANICAL

Abstract

Effective construction control and technical supervision are critically important for the successful implementation of investment and construction projects. Digital transformation opens up new opportunities to optimize these processes. The purpose of the study is to develop a conceptual model and methodological recommendations for the introduction of digital technologies into the system of construction control and technical supervision. A set of complementary methods was used: 1) analysis of scientific literature and regulatory framework; 2) expert interviews (n=25); 3) case studies of three ISPs; 4) economic and mathematical modeling. It is established that: 1) BIM, IoT, unmanned aerial photography, big data can radically increase the completeness, speed and reliability of control; 2) barriers to digitalization are insufficient maturity of technologies, high costs, lack of competencies; 3) a conceptual model of "Smart construction control" is proposed, integrating digital tools into a single cyberphysical system; 4) methodological recommendations have been developed on the phased implementation of the model with an assessment of the economic effect. Significance. The results obtained develop scientific ideas about the digitalization of investment and construction activities and have high practical value for the management of ISPs. It is advisable to direct further research to the creation of an industry-specific digital construction control platform.

Keywords

investment and construction project, construction control, technical supervision, digital technologies, BIM, Internet of things, unmanned aerial photography, big data.

References

1. Baulin A.V., Perunov A.S. Construction control in the work production project // Engineering Bulletin of the Don. 2021. №4.
2. Belousov V.E., Gaibova T.V., Pavlov A.S. The introduction of BIM technologies in the design and construction of real estate // Bulletin of Eurasian Science. 2019. Vol. 11. № 4. p. 12.
3. Ginzburg A.V. Information model of the life cycle of a construction object // Industrial and civil construction. 2016. № 9. pp. 61-65.
4. Zueva D.D. Unification of control measures during construction control // Construction production. 2021. № 4. pp. 39-43
5. Ignatov V.P., Ignatova E.V. Transformation of digital technologies in the construction industry // Economics of construction and environmental management. 2018. № 4. pp. 12-17.
6. Kuzina O.N., Bogomolova E.V., Vorobyov V.S. Application of BIM technologies in construction and design // Scientific and analytical journal «Innovations and Investments». 2019. № 2. pp. 227-233.
7. Kuzmina T.K., Babushkina D.D., Volkov R.V., Koblyuk D.A. Improvement of the construction control system in the production of construction and installation works // Construction production. 2022. No. 4. pp. 24-29.
8. Lapidus A.A., Skudar F.M., Nazarova K.A. Features of construction control of unique buildings above 100 m // Engineering Bulletin of the Don. 2022. № 5.
9. Navmetov R.Z. Improving methods of organizing construction control through the introduction of digital technologies // Problems of scientific thought. 2019. № 4. pp. 9-11.
10. Nekrasova O.O., Alekseenko E.E. Problems of organization of internal control of construction organizations // Modern technologies of project management in construction: a coll-n of scien. pap-s of the II All-Russian scien. and prac. conf. SPb.: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2020. pp. 201-210.
11. Ovchinnikov A.N., Lapidus A.A. Improving (optimizing) the effectiveness of the organizational and managerial structure of the customer in the implementation of the goals and objectives of the investment and construction project // Construction production. 2021. № 3. pp. 2-8.
12. Popova A.D., Kalenik A.I. Construction control during the construction of unique facilities in Russia and abroad // Days of Student Science: a coll-n of reports of a scien. and tech. conf. based on the results of research works by students of the Institute of Construction and Architecture. M.: National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2019. pp. 1382-1384.
13. Postnov K.V., Semiokhina A.S. Problems of implementing BIM technologies in Russia // International scientific research journal. 2017. No. 11-3. pp. 72-74.
14. Romanenko K.D. On the issue of construction control // Education. Science. Production: mat. X Inter. mol. for. with inter. academic. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018. pp. 609-612.
15. Smirnov S.A. Construction control // Mat. Inter. scien. ann prac. Y Conf. of the D.I. Mendeleev Institute of Industrial Technology and Engineering, dedicated to the 10th anniversary of the Institute of Industrial Technologies and Engineering. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2019. pp. 256-258.1.
16. Lapidus A., Abramov I. Systemic integrated method for assessing factors affecting construction timelines // MATEC Web of Conferences, Ho Chi Minh City. Ho Chi Minh: EDP Sciences, 2018. pp. 5-33.