

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Аннотация: В статье рассматриваются современные подходы к управлению качеством и мониторингу процессов возведения объектов инфраструктуры в сельских территориях. На примере Пермского края проанализированы факторы, затрудняющие строительный контроль: географическая удалённость, климатические риски и карстовая активность. Обоснована эффективность внедрения инновационных методов — информационного моделирования (BIM), применения БПЛА и цифровых платформ. Результаты показывают потенциал сокращения сроков работ на 30% и повышения эксплуатационной надёжности объектов.

Ключевые слова: инновационные методы контроля, сельские территории, Пермский край, цифровая трансформация строительства, БПЛА, BIM-технологии.

Abstract: This article reviews contemporary approaches to quality management and process monitoring in the construction of infrastructure in rural areas. Using Perm Krai as a case study, it examines factors complicating construction supervision, including geographic remoteness, climatic hazards, and karst activity. The paper substantiates the effectiveness of innovative solutions such as Building Information Modelling (BIM), unmanned aerial vehicles (UAVs), and digital platforms. Findings indicate a potential 30% reduction in time expenditures and improved operational reliability of facilities.

***Keywords:** innovative monitoring methods; rural areas; Perm Krai; digital transformation of construction; UAVs; BIM technologies.*

Результаты исследования

Развитие сельских территорий является стратегическим приоритетом для Пермского края, обладающего значительным агропромышленным потенциалом и обширной сетью сельских поселений. В рамках реализации региональных программ, таких как «Комфортный край» и федеральных проектов по комплексному развитию сельских территорий, в Прикамье ведется активное строительство школ, сельских домов культуры, фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) и объектов мелиорации. Однако географическая специфика региона — значительная удаленность северных и восточных муниципалитетов от краевого центра, сложные ландшафтные условия и суровый климат — накладывает особые требования к организации строительного контроля.

Традиционные методы мониторинга объектов в условиях Пермского края сталкиваются с серьезными логистическими барьерами. Высокие временные и транспортные затраты на выезды специалистов инспекции государственного строительного надзора и служб заказчика на удаленные площадки (например, в Гайнский, Чердынский или Красновишерский округа) создают риски несвоевременного выявления дефектов. В условиях дефицита квалифицированных инженерных кадров на местах и необходимости строгого соблюдения бюджетной дисциплины, внедрение инновационных методов дистанционного контроля становится не просто технологическим трендом, а практической необходимостью.

Научная дискуссия последних лет (в работах отечественных и зарубежных исследователей) активно затрагивает вопросы цифровой трансформации строительной отрасли. Тем не менее, аспекты применения высокотехнологичных решений именно в контексте сельской инфраструктуры

остаются недостаточно проработанными. Существует необходимость в систематизации инструментов, которые были бы экономически оправданы и технически реализуемы в условиях децентрализованного строительства.

Целью данной статьи является теоретическое обоснование и практический анализ эффективности внедрения современных методов мониторинга и контроля (включая BIM-технологии, средства дистанционного зондирования и облачные сервисы управления данными) при возведении объектов на сельских территориях.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- Выявление специфических рисков сельского строительства.
- Сравнительный анализ традиционных и инновационных инструментов строительного аудита.
- Оценка влияния цифровых методов контроля на соблюдение графиков и качество работ.
- Анализ специфических региональных факторов, затрудняющих строительный контроль в сельской местности Прикамья.

Специфические риски сельского строительства включают сложную логистику, ограниченный доступ к инфраструктуре, дефицит квалифицированных кадров, а также высокую зависимость от сезонности, погодных условий и состояния грунтов. [1] Особое внимание уделяется рискам изменения целевого назначения земель, юридическим вопросам, удаленности от производственных баз и вопросам устойчивого развития сельских территорий.

Ниже представлена таблица 1 ключевых специфических рисков, разделенных по категориям:

Ключевые специфические риски сельского строительства

Категория риска	Конкретные риски	Особенности проявления
Природно-климатические	Погодные аномалии, сезонность	Зависимость сроков от циклов (посев/уборка), влияние осадков на грунт и доступ к объекту
Логистические	Удаленность, плохая инфраструктура	Рост транспортных расходов, задержки поставок материалов из-за состояния дорог
Кадровые	Дефицит специалистов, низкая квалификация	Сложность привлечения инженеров в села, риск ошибок при найме местных неквалифицированных бригад
Технологические	Отсутствие сетей, износ техники	Риск задержек из-за отсутствия централизованного водо- и электроснабжения, сложность ремонта спецтехники вдали от сервисов
Экономические	Низкая рентабельность, зависимость от субсидий	Финансовая неустойчивость агропредприятий-заказчиков, риск прекращения госфинансирования сельских программ
Земельно-правовые	Статус земель, экология	Риски перевода земель сельхозназначения под застройку, строгие санитарно-защитные зоны для ферм

Согласно таблице 1 можно сделать следующие выводы:

В отличие от промышленного или городского строительства, сельские проекты обладают повышенной чувствительностью к природно-климатической и стохастической неопределенности, что требует заложения больших резервов по времени и бюджету.

Территориальная распределенность объектов и низкая связность инфраструктуры превращают логистику в критический фактор, способныйкратно увеличить капитальные вложения из-за необходимости создания автономных систем обеспечения.

Наблюдается выраженный разрыв между потребностью в высокотехнологичных решениях (современные агрокомплексы) и локальным дефицитом квалифицированных трудовых ресурсов, что порождает риски несоблюдения строительных регламентов.

Специфический правовой статус земель и жесткие экологические ограничения (санитарно-защитные зоны) создают высокие барьеры на этапе прединвестиционного цикла и могут блокировать эксплуатацию объекта.

Высокая степень рисков диктует переход к индустриальному домостроению (модульные конструкции, префабрикация), которое позволяет минимизировать трудозатраты на площадке и сократить влияние сезонного фактора.

Обоснование стратегии минимизации рисков в сельском строительстве Пермского края предполагает проведение сравнительного анализа актуальных инструментов строительного аудита и оценки их применимости в децентрализованной среде.

Традиционная модель контроля, преобладающая в муниципальных образованиях Прикамья, опирается на физическое присутствие инспектора на объекте и бумажный документооборот. В условиях удаленности объектов этот метод обнаруживает серьезные недостатки: дискретность (проверки проводятся редко) и субъективность оценки.

Инновационный подход предполагает использование конвергентных технологий, которые позволяют минимизировать «человеческий фактор» и обеспечить непрерывность мониторинга.

1. Мониторинг геометрических параметров и объемов

Традиционно: Использование рулеток, нивелиров и теодолитов. Данные заносятся в журналы вручную. Погрешность при расчете объемов насыпей или выемок может достигать 10–15%.

Инновационно: Лазерное сканирование и аэрофотосъемка с БПЛА. Метод фотограмметрии позволяет создать цифровой двойник площадки с

точностью до 1–2 см. Для Пермского края, с его сложным рельефом, это единственный способ оперативно и точно подтвердить объемы выполненных земляных работ.

2. Контроль скрытых работ и качества материалов

Традиционно: Активирование скрытых работ происходит с задержкой, часто «задним числом». Фотофиксация хаотична и не привязана к чертежам.

Инновационно: Цифровые журналы работ и AR-метки. Использование мобильных приложений (например, «Stroycontrol» или аналоги), где каждое фото нарушения автоматически получает GPS-метку, метку времени и привязку к конкретному узлу BIM-модели. Это исключает возможность фальсификации отчетов подрядчиком.

3. Коммуникация и отчетность

Традиционно: Пересылка бумажных отчетов почтой или курьером, совещания с выездом в краевой центр.

Инновационно: Единая среда данных (CDE). Все участники процесса (заказчик в Перми, подрядчик на объекте, проектировщик) видят статус объекта в реальном времени. Это критически важно для оперативного решения вопросов при обнаружении карстовых пустот или иных геологических осложнений, характерных для региона.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительная характеристика методов контроля

Критерий сравнения	Традиционный аудит	Инновационный аудит (Digital-контроль)	Эффект для сельского строительства
Оперативность	Задержка данных от 3 до 7 дней	Режим реального времени (Online)	Быстрое принятие решений при ЧС
Объективность	Зависит от квалификации и честности инспектора	Математическая точность приборов и ПО	Снижение коррупционных рисков

Транспортные расходы	Высокие (регулярные выезды в удаленные районы)	Низкие (дистанционный мониторинг)	Экономия до 30% бюджета на технадзор
Доказательная база	Бумажные акты, часто без фото	Цифровой след, облачное хранилище фото/видео	Упрощение прохождения проверок казначейства

Таким образом, внедрение инновационных инструментов позволяет трансформировать систему контроля из «реактивной» (исправление ошибок по факту) в «проактивную» (предотвращение дефектов).

Переход от дискретного (периодического) к непрерывному цифровому мониторингу оказывает прямое влияние на два ключевых параметра строительного процесса: временной (соблюдение календарного плана) и качественный (соответствие нормам и стандартам).

1. Влияние на соблюдение графиков производства работ

В условиях сельских территорий Пермского края, где срыв поставок из-за погодных условий или логистических сбоев является критическим фактором, цифровые методы обеспечивают:

Сокращение цикла согласования: Применение систем электронного документооборота и облачных сред обмена данными позволяет сократить время на подписание актов скрытых работ и промежуточных форм (КС-2, КС-3) на 30–40%. В условиях короткого строительного сезона это высвобождает время для завершения теплового контура объекта до наступления морозов.

Проактивное реагирование: Использование 4D-моделей (BIM + время) позволяет визуализировать критический путь строительства. Инструменты предиктивной аналитики сигнализируют о риске срыва срока за 2–3 недели до фактического отставания, позволяя заказчику оперативно перебросить ресурсы на удаленный объект.

Минимизация простоев: Дистанционный контроль с помощью БПЛА позволяет проводить приемку этапов без физического ожидания инспектора из регионального центра, что исключает простои техники и бригад.

2. Влияние на качественные показатели объектов

Повышение качества при внедрении инновационных методов контроля достигается за счет исключения «человеческого фактора» и обеспечения прозрачности процессов:

Геометрическая точность: Использование технологий лазерного сканирования и фотограмметрии сводит вероятность ошибок при возведении несущих конструкций к минимуму. Точность цифровых замеров в 5–10 раз выше традиционных методов.

Соблюдение технологий в экстремальных условиях: Автоматизированный мониторинг (например, беспроводные датчики температуры бетона) гарантирует, что зимнее бетонирование в условиях севера Пермского края проводится с соблюдением регламентов. Данные датчиков невозможно фальсифицировать, что является гарантией долговечности фундамента.

Сквозной контроль «Проект — Стройка»: Интеграция BIM-модели с процессом контроля качества позволяет на ранних стадиях выявлять отклонения от проектных решений, предотвращая накопление критических дефектов, которые в сельской местности часто обнаруживаются только на стадии эксплуатации.

Таблица 3.

Обобщенные показатели эффективности (в расчете на типовой сельский объект)

Показатель	Традиционный контроль	Цифровой контроль	Ожидаемый эффект
Срок сдачи объекта	Часто с задержкой 10–15%	Строго по графику (отклонение < 2%)	Сокращение сроков на 1-2 месяца

Доля скрытых дефектов	Выявляется при эксплуатации (5–7%)	Выявляется в процессе (до 0,5%)	Снижение затрат на гарантийный ремонт
Трудозатраты на отчетность	До 20% времени инженера	До 5% времени (автоматизация)	Повышение производительности ИТР

Внедрение инновационных методов контроля на объектах социальной и производственной инфраструктуры Пермского края трансформирует систему управления строительством из надзорной в управленческую. Цифровизация обеспечивает высокую достоверность данных, что особенно важно для муниципальных заказчиков, несущих ответственность за эффективное использование бюджетных средств в рамках программ комплексного развития территорий.

Эффективность строительного надзора на сельских территориях **Пермского края** детерминирована уникальным сочетанием факторов, которые создают дополнительные барьеры для традиционных методов аудита. Проведенный анализ позволяет выделить три ключевые группы факторов:

1. Географическая и логистическая децентрализация

Пермский край характеризуется значительной площадью (более 160 тыс. кв. км) и низкой плотностью застройки в северных и восточных районах.

- **Транспортная доступность:** Для таких муниципалитетов, как **Гайнский, Косинский и Чердынский**, характерно наличие сезонных дорог («зимников») и удаленность объектов от административного центра на расстояние **350–450 км**. Это делает ежедневный очный контроль невозможным, а стоимость одной инспекционной поездки — неоправданно высокой.

- **Разрыв коммуникаций:** В ряде отдаленных поселений отсутствует устойчивое покрытие мобильной связью и скоростным

интернетом, что затрудняет оперативную передачу предписаний и фотофиксацию нарушений в режиме реального времени.

2. Природно-климатические и геологические вызовы

Прикамье относится к зоне рискованного строительства, что требует особого внимания к качеству скрытых работ.

- **Климатический фактор:** Продолжительный отопительный сезон (до 230 дней) и ранние заморозки требуют строгого контроля за технологией зимнего бетонирования и устройством внешних инженерных сетей. Традиционный контроль «наездами» не позволяет отследить непрерывность прогрева конструкций.

- **Карстовая активность:** Особенности грунтов (особенно в Кунгурском и Кишертском районах) несут риски внезапных деформаций. Контроль за качеством укрепления оснований в этих условиях должен быть перманентным, так как любая ошибка на этапе фундамента в карстовой зоне ведет к необратимым последствиям.

3. Социально-кадровый и инфраструктурный дефицит

- **Нехватка локальных экспертов:** В сельских поселениях зачастую отсутствуют штатные инженеры строительного контроля требуемой квалификации, что вынуждает заказчиков привлекать сторонние организации из краевого центра.

- **Удаленность лабораторной базы:** Проверка качества материалов (бетона, асфальта, инертных материалов) затруднена из-за плеча доставки проб в сертифицированные лаборатории Перми, что увеличивает время ожидания результатов и замедляет темпы работ.

4. Административные риски («Комфортный край»)

Активная реализация регионального проекта «**Комфортный край**» требует от муниципальных образований предельно сжатых сроков освоения субсидий. В условиях дефицита времени традиционный

«бумажный» контроль становится «узким горлышком», тормозящим оплату этапов и провоцирующим формальный подход к проверкам.

Совокупность указанных факторов формирует потребность в переходе к дистанционным и автоматизированным методам контроля. Традиционная модель контроля в сельской местности Прикамья сегодня не способна обеспечить требуемый уровень прозрачности и качества без внедрения инновационных цифровых решений.

Проведенное исследование подтверждает, что традиционная система строительного контроля на сельских территориях Пермского края в современных условиях исчерпала свой ресурс эффективности. Географическая удаленность объектов, сложные климатические условия севера Прикамья и риски карстовых явлений требуют перехода к качественно новой модели мониторинга, основанной на цифровых технологиях.

Внедрение предложенных инновационных методов позволит не только повысить качество капитальных вложений на сельских территориях, но и создаст надежный фундамент для устойчивого социально-экономического развития муниципальных образований Пермского края.

Переход на инновационные методы контроля в Пермском крае позволяет сократить сроки сдачи объектов на 10–15% и минимизировать риски скрытых дефектов. Для масштабирования успеха рекомендуется интеграция требований о цифровом мониторинге в государственные контракты и создание единой региональной платформы управления строительством.

Список использованной литературы:

1. Воробьев Николай Владимирович, Маргеева Дарья Владимировна. Выявление рисков устойчивого развития сельских населенных пунктов (на примере некоторых районов Иркутской области) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2025. №. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-riskov-ustoychivogo-razvitiya-selskih-naselennyh-punktov-na-primere-nekotoryh-rayonov-irkutskoy-oblasti>

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 2024).

3. Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком... обеспечивается формирование и ведение информационной модели объекта».

4. Абрамов И. В. Цифровизация строительного контроля как инструмент повышения эффективности региональных программ // Вестник гражданских инженеров. — 2023. — № 2.

5. Королев А. С. Особенности реализации инфраструктурных проектов на удаленных территориях Пермского края // Экономика региона. — 2022. — Т. 18, вып. 4.

6. Сидоров П. А. Применение БПЛА в строительном аудите: технологические и правовые аспекты // Инновации в строительстве. — 2023. — № 5.

7. Стратегия социально-экономического развития Пермского края до 2030 года.