

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2025, Том 17, № 2 / 2025, Vol. 17, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2025.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/77SAVN225.pdf>

2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Сластин, С. В. Современные подходы к контролю качества работ при строительстве мостов / С. В. Сластин, А. Н. Маринин // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/77SAVN225.pdf>.

For citation:

Slastin S.V., Marinin A.N. Modern approaches to quality control during bridge construction. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(2): 77SAVN225. Available at: <https://esj.today/PDF/77SAVN225.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.05

Сластин Семен Витальевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
E-mail: slastin_semen@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1291163

Маринин Александр Николаевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГБОУ ВО «Краснодарский государственный технологический университет», Краснодар, Россия
Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: a-marinin@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1848-730X>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Современные подходы к контролю качества работ при строительстве мостов

Аннотация. В статье рассматривается система мониторинга работ при строительстве мостов с использованием инновационных технологий. Анализируются современные методы и инструменты контроля, включая датчики интернета вещей, технологии искусственного интеллекта и геоинформационные системы. Особое внимание уделено повышению эффективности строительства за счёт автоматизированного сбора и анализа данных. Представлены основные принципы функционирования мониторинговой системы и примеры её применения в реальных проектах. Подчеркивается значимость цифровых технологий для повышения безопасности и качества строительства мостов.

Использование датчиков интернета вещей позволяет отслеживать параметры конструкций в режиме реального времени, такие как нагрузка, температура, влажность и деформации. Технологии искусственного интеллекта помогают прогнозировать потенциальные риски на основе исторических данных и текущих показателей. Геоинформационные системы обеспечивают визуализацию данных и координацию процессов на всех этапах строительства.

Внедрение таких систем способствует снижению затрат, минимизации человеческих ошибок и оптимизации временных рамок проектов. Приводятся успешные кейсы реализации мониторинговых систем в международных проектах, что подтверждает их надёжность и экономическую выгоду. Статья также затрагивает перспективы дальнейшего развития технологий и их роль в создании «умных» транспортных инфраструктур будущего.

Таким образом, цифровизация строительной отрасли становится ключевым фактором для достижения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности компаний на

глобальном рынке. Умные системы способны адаптироваться к изменяющимся условиям, обеспечивая долговечность и безопасность конструкций.

Ключевые слова: мониторинг; строительство мостов; инновационные технологии; интернет вещей; искусственный интеллект; геоинформационные системы; контроль качества

Введение

Современное мостостроение требует использования передовых технологий, способных обеспечить высокую точность и надежность всех этапов работ. Традиционные методы контроля качества и мониторинга процессов часто оказываются недостаточно эффективными в условиях сложных инженерных проектов.¹ Внедрение цифровых решений, таких как интернет вещей, искусственный интеллект и геоинформационные системы, позволяет значительно повысить уровень автоматизации и оперативного контроля. Важнейшей задачей является не только сбор информации, но и ее грамотный анализ, позволяющий своевременно выявлять отклонения и предотвращать возможные ошибки. Использование инновационных технологий способствует снижению рисков, повышению безопасности и увеличению срока службы мостовых сооружений [1; 2]. Цифровой мониторинг становится неотъемлемой частью строительного процесса, обеспечивая прозрачность и эффективность управления проектами. В данной работе рассматриваются ключевые аспекты внедрения таких систем, их возможности и преимущества в современных условиях.

Цели и задачи мониторинга мостовых сооружений

Следует отметить, что мониторинг — это весьма дорогостоящее мероприятие, вследствие чего решение о его проведении, объем и программа должны быть тщательно обоснованы. При строительстве основной целью мониторинга является обеспечение безопасности людей и строительных конструкций.

К основным задачам строительного мониторинга относятся непрерывный инструментальный контроль постоянно меняющегося напряженно-деформированного состояния монтируемых конструкций, сопоставление фактического их состояния с проектными предпосылками, своевременное предупреждение опасных ситуаций [3].

Основная часть

Научное сопровождение для повышения качества и безопасности необходимо и при выполнении ремонтных работ на таких технически сложных объектах, как мосты, может быть, даже в большей степени, чем при строительстве. Научное сопровождение рассматривается как подсистема мониторинга технического состояния сооружений [4].

Под мониторингом понимается специально организованное систематическое наблюдение за техническим состоянием с целью его контроля, оценки и прогноза изменений. Результаты мониторинга дают возможность вносить необходимые корректировки по управлению техническим состоянием для обеспечения требуемой надежности сооружения. Традиционные методы основаны на визуальном осмотре, применении геодезического оборудования и ручных измерениях параметров.

¹ Вейцман С.Г., Бобриков А.В., Батуринов А.В. Контроль качества на строительстве мостов. — Москва: ОАО "Институт Гипростроймост", 2010. — 415 с.

Эти подходы обладают рядом преимуществ, таких как простота внедрения и низкие затраты на оборудование, но они имеют ограниченную точность и требуют значительных временных ресурсов. Более конкретное их описание приведено в таблице 1.

Таблица 1

Традиционные системы мониторинга

| Система мониторинга | Описание | Преимущества | Недостатки |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Визуальный осмотр | Инженеры проводят регулярные проверки на месте, оценивая состояние конструкций на основе опыта и стандартов | Простота, низкие затраты на оборудование | Высокий риск человеческой ошибки, субъективность оценок, низкая оперативность |
| Ручные инструментальные измерения | Использование нивелиров, тахеометров, микрометров и других инструментов для оценки параметров конструкции | Точность выше, чем при визуальном осмотре, доступность оборудования | Высокая трудоемкость, зависимость от человеческого фактора, невозможность круглосуточного мониторинга |
| Деформационные маяки | Установка специальных маркеров на трещинах и швах для отслеживания их расширения | Простота использования, низкая стоимость | Требует регулярного физического контроля, низкая точность данных |
| Гидрогеологический мониторинг | Оценка грунтового основания с помощью скважин и проб грунта | Позволяет предсказывать осадки и деформации фундамента | Дороговизна, необходимость периодических исследований, ограниченный объем данных |
| Испытания нагрузками | Проведение статических и динамических испытаний с применением грузов и измерительных приборов | Позволяет выявить слабые места конструкции | Высокая стоимость, требует остановки строительных работ |

Составлено авторами

Основные недостатки традиционных систем мониторинга — высокая трудоемкость, зависимость от человеческого фактора, низкая оперативность и невозможность постоянного контроля. Эти ограничения делают традиционные подходы менее эффективными в современных условиях, где требуется оперативный сбор данных и автоматизированный анализ [5]. В связи с этим всё более актуальным становится внедрение инновационных технологий, позволяющих повысить точность и надежность мониторинга.

Основные современные системы мониторинга строительства мостов основаны на использовании цифровых технологий, позволяющих обеспечить непрерывный контроль за всеми этапами возведения конструкции.

Среди таких технологий выделяются интеллектуальные датчики и технологии Интернета вещей (IoT), которые обеспечивают непрерывный мониторинг и сбор данных о состоянии оборудования, процессов и окружающей среды. Интеграция IoT с методами глубокого обучения открывает новые возможности для анализа и интерпретации больших объемов данных. Это позволяет более точно прогнозировать неисправности, оптимизировать производственные процессы и принимать обоснованные управленческие решения в реальном времени [6].

Интеграция датчиков IoT, беспилотных летательных аппаратов, геоинформационных систем и методов машинного обучения позволяет существенно повысить точность оценки состояния строительных объектов и оперативность принятия решений.

Одним из ключевых элементов современных систем является использование сенсорных сетей, которые позволяют в режиме реального времени фиксировать критические параметры:

вибрацию, нагрузку, температурные колебания, деформации и прочие факторы, влияющие на устойчивость сооружения. Датчики устанавливаются непосредственно на конструктивные элементы моста, а собранные ими данные передаются в централизованную систему обработки, где происходит их анализ и интерпретация. Благодаря этому инженерные службы получают возможность своевременно выявлять потенциальные отклонения от проектных параметров и оперативно принимать меры для их устранения.

Важным аспектом является выбор типов датчиков, соответствующих специфике контролируемых параметров. Для измерения ускорений и наклонов применяются трехосевые MEMS-акселерометры и инклинометры с низким уровнем шума, такие как IOLITE® 3xMEMS (рис. 1).



Рисунок 1. Трехосевые MEMS-акселерометры и инклинометры с низким уровнем шума²

Они позволяют точно фиксировать динамическое поведение конструкции. Для оценки статических деформаций в бетонных элементах используются вибрационные проводочные тензометры, встраиваемые в структуру моста. Контроль перемещений осуществляется посредством датчиков, интегрирующих данные об ускорении, что позволяет отслеживать смещения конструктивных элементов. Дополнительно, погодные станции «всё в одном» обеспечивают мониторинг внешних факторов, включая влажность, температуру, скорость и направление ветра, что важно для комплексной оценки состояния моста. Собранные данные передаются по беспроводным сенсорным сетям, представляющим собой самоорганизующиеся системы, объединяющие множество датчиков и исполнительных устройств через радиоканал. Такие сети способны охватывать большие территории, обеспечивая ретрансляцию сообщений между узлами и гарантируя надежную передачу информации даже в сложных условиях строительной площадки.

Важнейшим направлением является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), позволяющих проводить инспекцию труднодоступных участков моста без необходимости останавливать строительные работы. Дроны могут быть оснащены камерами высокого разрешения и инфракрасными сенсорами, что дает возможность выявлять даже незначительные повреждения конструкции. Анализ собранных данных может осуществляться с применением алгоритмов машинного обучения, которые позволяют автоматизировать

² IOLITEi 3xMEMS | Акселерометр MEMS // Dewesoft URL: <https://dewesoft.com/ru/products/iolitei-3xmems> (дата обращения: 12.04.2025).

процесс оценки состояния объекта и прогнозировать возможные дефекты на ранних стадиях их появления. Использование беспилотных летательных аппаратов в мониторинге мостовых конструкций значительно расширяет возможности инспекции труднодоступных участков без необходимости приостановки строительных работ.

Примером успешного применения БПЛА является использование противоударного квадрокоптера Elios (рис. 2) для обследования мостов в Миннесоте, США. Дрон исследовал труднодоступные места между ригелями и коробчатыми балками, выполняя задачи, ранее требовавшие специализированного оборудования и значительных временных затрат. Применение Elios позволило существенно сократить время и расходы на инспекцию, повысив при этом безопасность персонала.³



Рисунок 2. Квадрокоптер Flyability Elios 2⁴

Интеграция дронов с алгоритмами машинного обучения и компьютерного зрения открывает новые горизонты в автоматизации процесса оценки состояния мостов. Vision AI (или Computer Vision AI) — это область искусственного интеллекта (ИИ), которая фокусируется на обучении компьютеров «видеть» и интерпретировать визуальную информацию так, как это делает человек. Она позволяет машинам анализировать изображения или видео, распознавать объекты, людей, действия, текст и другие элементы, а также принимать решения на основе полученных данных. Технологии Vision AI позволяют дронам анализировать визуальные данные, распознавать объекты, классифицировать дефекты и прогнозировать возможные повреждения на ранних стадиях. Это способствует повышению точности диагностики и эффективности профилактических мероприятий. Например, использование Vision AI позволяет

³ Elios 2 Inspection Drone // Flyability // Nexxis URL: <https://nexxis.com/product/elios-2-inspection-drone/> (дата обращения: 12.04.2025).

Обследование промышленным противоударным квадрокоптером Elios мостов и путепроводов // Пергам-Инжиниринг URL: <https://www.pergam.ru/articles/road-bridge-elios.htm> (дата обращения: 12.04.2025).

⁴ Elios 2 Inspection Drone // Flyability // Nexxis URL: <https://nexxis.com/product/elios-2-inspection-drone/> (дата обращения: 12.04.2025).

дронам не только фиксировать изображения, но и интерпретировать их, выявляя потенциальные проблемы и передавая информацию специалистам для принятия решений.⁵

Внедрение БПЛА в процессы мониторинга мостовых сооружений обеспечивает ряд преимуществ:

- Снижение риска для инспекторов за счет дистанционного обследования опасных или труднодоступных зон.
- Сокращение затрат на проведение инспекций по сравнению с традиционными методами, требующими специализированного оборудования и большого количества персонала.
- Быстрое получение данных о состоянии конструкции, что позволяет своевременно реагировать на выявленные дефекты.
- Высокое разрешение съемки и возможность детального анализа позволяют обнаруживать мельчайшие повреждения, недоступные для визуального осмотра с земли.

Дроны могут стать ключевым компонентом цифровой трансформации строительных компаний согласно опыту зарубежных и отечественных застройщиков. Использование беспилотных аппаратов значительно ускоряет и упрощает рабочий процесс (рис. 3) [2].

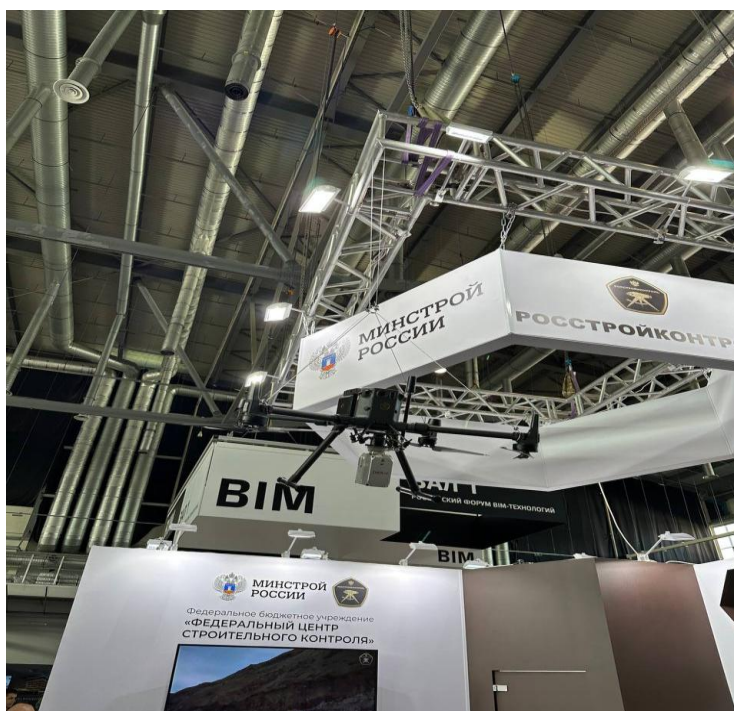


Рисунок 3. Беспилотный летательный аппарат «РосСтройКонтроль» (фото авторов)

Еще одним направлением мониторинга служат геоинформационные системы (ГИС) также находят широкое применение в мониторинге строительства мостов. Они позволяют анализировать изменения в геометрии сооружения и окружающей среды, что особенно актуально для мостов, возводимых в сложных природных условиях [7]. Совмещение данных, полученных с различных сенсоров и дронов, с геоинформационными картами дает

⁵ Применение компьютерного зрения для управления беспилотниками и БПЛА с искусственным интеллектом // Ultralytics URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/computer-vision-applications-ai-drone-uav-operations> (дата обращения: 12.04.2025).

возможность не только фиксировать текущее состояние объекта, но и прогнозировать его поведение под воздействием внешних факторов, таких как температурные изменения, сейсмическая активность или увеличение транспортных нагрузок.

ГИС играют ключевую роль в мониторинге строительства мостов, предоставляя инструменты для анализа и визуализации пространственных данных. Они позволяют отслеживать изменения в геометрии сооружений и окружающей среды, что особенно важно при возведении мостов в сложных природных условиях. Интеграция данных, полученных от различных сенсоров и беспилотных летательных аппаратов, с геоинформационными картами обеспечивает комплексный подход к оценке состояния объекта. Это позволяет не только фиксировать текущее состояние моста, но и прогнозировать его поведение под воздействием внешних факторов, таких как температурные колебания, сейсмическая активность или увеличение транспортных нагрузок.

Применение ГИС в мониторинге мостов способствует повышению надежности и безопасности эксплуатации сооружений. Например, в исследовании, посвященном геоинформационному мониторингу вантовых мостов спутниковыми методами, подчеркивается важность таких систем для обеспечения безопасных условий строительства и эксплуатации [8].

Внедрение ГИС позволяет интегрировать данные из различных источников, включая результаты геодезических измерений, данные сейсмологических наблюдений и информацию о погодных условиях. Это обеспечивает комплексный анализ и визуализацию информации, необходимой для принятия обоснованных решений при строительстве и эксплуатации мостов. Использование ГИС в сочетании с другими технологиями, такими как беспилотные летательные аппараты и сенсорные сети, позволяет создавать цифровые модели мостовых сооружений, что способствует более точному прогнозированию их поведения и своевременному выявлению потенциальных проблем.

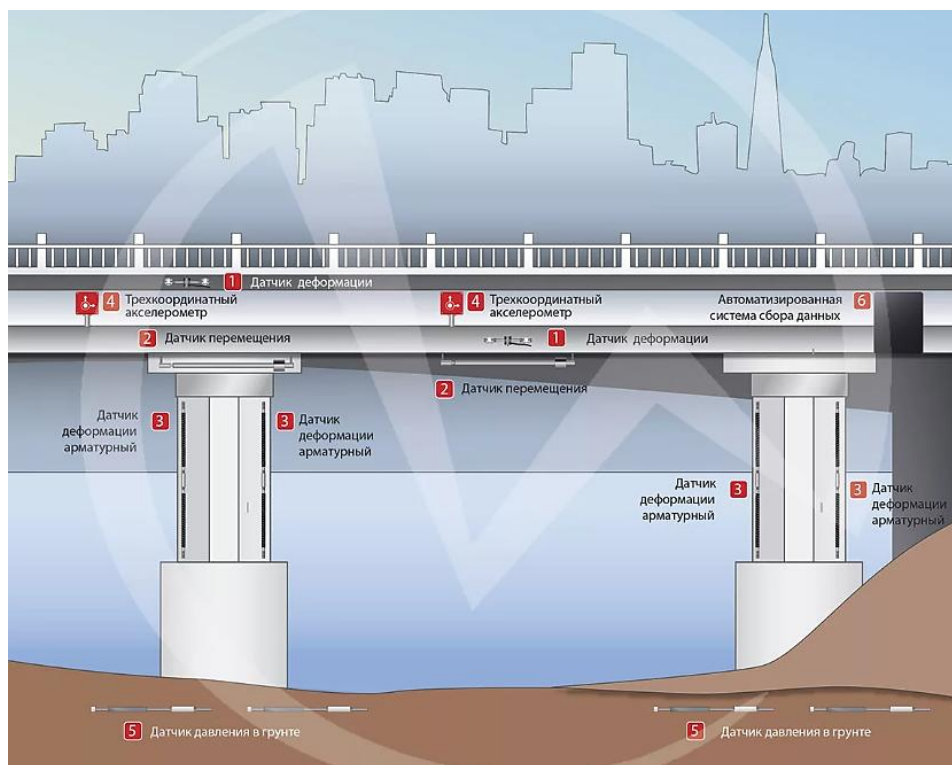


Рисунок 4. Сеть датчиков IoT⁶

⁶ Деформация моста // URL: <https://autosprite.ru/foto/deformatsiya-mosta> (дата обращения: 12.04.2025).

Автоматизированные системы мониторинга, основанные на использовании IoT и искусственного интеллекта, делают процесс контроля более точным, оперативным и менее зависимым от человеческого фактора. Такие технологии не только повышают безопасность и надежность строящихся объектов, но и позволяют оптимизировать затраты, минимизируя риски незапланированных простоев и дорогостоящих ремонтов. Развитие цифровых решений в этой сфере открывает новые возможности для мостостроения, делая его более технологичным и предсказуемым.

В основе таких систем лежит сеть датчиков IoT, установленных на ключевых элементах моста (рис. 4). Эти датчики фиксируют различные параметры: вибрации, нагрузки, температурные изменения и деформации.

Собранные данные передаются на центральную платформу, где алгоритмы ИИ анализируют информацию, выявляют аномалии и прогнозируют потенциальные дефекты. Это позволяет оперативно реагировать на изменения в состоянии конструкции и предотвращать возможные аварийные ситуации.

Преимущества внедрения IoT и ИИ в мониторинг мостов:

- Автоматический сбор и анализ данных обеспечивают более точное и своевременное выявление отклонений от нормы.
- Минимизация ручных операций уменьшает вероятность ошибок и повышает надежность мониторинга.
- Предотвращение серьезных повреждений и аварий снижает расходы на ремонт и обслуживание, а также минимизирует риски незапланированных простоев.

Внедрение таких систем уже осуществляется в различных проектах. Например, международная компания Advantech разработала решение на базе платформы AMAX-5580 (рис. 5) для мониторинга состояния мостовых конструкций.⁷



Рисунок 5. Advantech ESRP-SCS-W5580-5M1 — контроллер Softlogic EtherCAT⁷

⁷ Advantech ESRP-SCS-W5580-5M1 — контроллер Softlogic EtherCAT // АВЕОН URL: <https://aveon.ru/catalog/esrp-scs-w5580-5m1/> (дата обращения: 12.04.2025).

Эта система позволяет в режиме реального времени отслеживать ключевые параметры моста, обеспечивая своевременное выявление потенциальных проблем и повышение общей безопасности сооружения.⁸

В Беларуси реализован проект по дистанционному контролю безопасности мостов с использованием платформы Inspark IoT Platform.⁹ Аналогичное решение было применено и для интеграции в 2022 году железнодорожного моста с данной платформой.¹⁰

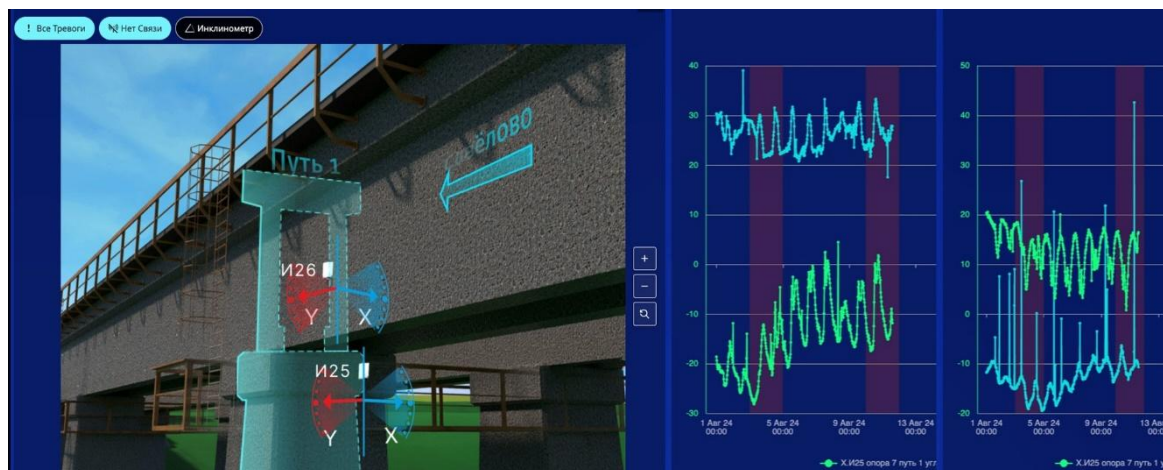


Рисунок 6. Пример интерфейса программы Inspark IoT Platform¹¹

Система позволяет получать данные с установленных на мосту датчиков в режиме реального времени, что исключает необходимость ручного снятия показателей и повышает оперативность реагирования на изменения.

В статье [9] рассматривается разработка системы учета выполненных работ при строительстве линейных объектов с использованием электронных таблиц. Предложенная система состоит из четырех разделов, обеспечивающих автоматизированный расчет объемов работ, ввод данных о фактическом выполнении и построение графической отчетности. Этот подход направлен на повышение эффективности мониторинга и контроля строительных процессов, что особенно актуально при возведении мостов. Интеграция подобных решений с современными технологиями, такими как Интернет вещей и искусственный интеллект, может значительно улучшить точность и оперативность контроля, способствуя снижению рисков и оптимизации затрат в мостостроении.

Несмотря на очевидные преимущества современных систем мониторинга, основанных на использовании IoT, искусственного интеллекта и геоинформационных технологий, их внедрение сопряжено с рядом сложностей.

Одной из основных проблем является высокая стоимость оборудования и программного обеспечения. Датчики, беспилотные летательные аппараты, аналитические платформы и другие компоненты требуют значительных инвестиций, что может стать серьезным барьером

⁸ Advantech Industrial I/O and Automation Solutions // Advantech URL: <https://www.advantech.com/ru-ru/industrial-automation/industrial-io> (дата обращения: 12.04.2025).

⁹ Inspark.IoT Platform — российское ПО. Описание, задачи // Цифровые технологии в строительстве URL: <https://pro-tim.ru/products/programmnye-resheniya/sod-formirovanie-i-vedenie-informatsionnykh-modeley/inspark-iot-platform/> (дата обращения: 12.04.2025).

¹⁰ Контроль мостового сооружения. Кейс «Мост через канал имени Москвы» // Инспарк URL: https://infsys.ru/projects_industrial_facilities (дата обращения: 12.04.2025).

¹¹ Интернет вещей | ГК Инспарк | Inspark.IoT.Platform URL: https://vk.com/inspark_iot (дата обращения: 12.04.2025).

для широкого распространения таких решений. Особенно это актуально для развивающихся стран и малых строительных компаний, которые не всегда могут позволить себе подобные технологии.

Еще одной проблемой остается сложность интеграции с уже существующими системами управления строительством. Многие предприятия используют традиционные методы учета и контроля, несовместимые с новыми цифровыми решениями. Переход на автоматизированные системы требует не только модернизации оборудования, но и обучения персонала, что увеличивает затраты времени и финансовых ресурсов.

Надежность работы таких систем также является важным фактором. Датчики и беспилотные аппараты подвержены внешним воздействиям, таким как погодные условия, механические повреждения и помехи в передаче данных. В случае сбоя или выхода из строя отдельных элементов системы возникает риск потери данных, что может привести к принятию неверных решений.

Обработка больших объемов данных требует мощных вычислительных ресурсов и надежного интернет-соединения. В условиях удаленных строительных площадок, где могут наблюдаться перебои с доступом к сети, эффективность таких решений снижается.

Важным вопросом остается кибербезопасность. Современные системы мониторинга работают с подключением к интернету и передают данные в облачные хранилища, они становятся потенциальной целью для хакерских атак. Нарушение безопасности может привести к потере или искажению данных, что повлияет на точность мониторинга и может представлять угрозу для безопасности сооружения [10].

Заключение

Современные технологии мониторинга строительства мостов открывают новые возможности для повышения точности контроля и сокращения рисков, однако их внедрение сопряжено с финансовыми, техническими и организационными сложностями. Высокая стоимость, сложность интеграции, зависимость от надежности оборудования и угрозы кибербезопасности требуют взвешенного подхода к использованию таких систем [11].

Основная цель внедрения таких систем — повышение безопасности эксплуатации и эффективности содержания искусственных сооружений на основе автоматизации диагностики и мониторинга технического состояния [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Маринин, А.Н. Поиск новых технологий в транспортном строительстве / А.Н. Маринин // Материалы Международной научно-технической конференции "Инновационные технологии при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных сооружений", 4–6 октября 2010 г., Сочи. — Саратов: КУБиК, 2010. — С. 86–94. — EDN HRLKSV.
2. Сластин, С.В. Система мониторинга работ при строительстве мостов с использованием инновационных технологий / С.В. Сластин, А.Н. Маринин // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023: Сборник докладов IV Национальной научной конференции, Москва, 15 декабря 2023 года. — Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. — С. 719–724. — EDN NXDNNX.

3. Васильев, А.И. Строительный мониторинг напряженно-деформированного состояния больших и внеклассных мостов / А.И. Васильев, М.Л. Хазанов, А.В. Лысенков // Транспортное строительство. — 2022. — № 4. — С. 2–7. — EDN HGEYNY.
4. Яшнов, А.Н. Научное сопровождение при ремонте как подсистема мониторинга технического состояния мостов / А.Н. Яшнов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. — 2009. — № 21. — С. 48–60. — EDN RSJBMH
5. Доркин С.И., Леонович А.А., Снежков А.В. Мониторинг возводимых и эксплуатируемых зданий: монография. — Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. — 256 с.
6. Айнаулов, Ж. Интеллектуальные датчики и технологии Интернет вещей как основа управления ресурсами в производственных процессах: потенциал глубокого обучения и VR-технологий / Ж. Айнаулов, А. Исакова, Г. Курманкулова // Theoretical & Applied Science. — 2024. — № 12(140). — С. 318–322. — DOI 10.15863/TAS.2024.12.140.37. — EDN EGPCDA.
7. Рассказова, Н.С. Представление данных цифровых моделей рельефа в экологических геоинформационных системах (на примере геоинформационной системы Шершнёвского водохранилища) / Н.С. Рассказова, А.В. Бобылев // Вестник Челябинского государственного университета. — 2010. — № 8(189). — С. 36–39. — EDN MOTOTL.
8. Бубнов, В.П. Программный комплекс автоматизированного геодезического мониторинга искусственных сооружений для высокоскоростной железнодорожной магистрали "Москва — Казань — Екатеринбург" / В.П. Бубнов, А.А. Никитчин, С.А. Сергеев // Интеллектуальные технологии на транспорте. — 2015. — № 4(4). — С. 27–33. — EDN VKUTFT.
9. Звездин, Д.А. Анализ применения электронных баз данных для повышения качества мониторинга и контроля в строительстве / Д.А. Звездин, А.Н. Маринин // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № 3. — С. 55. — EDN NZIHKX.
10. Tsakanyan, V.T. The role of cybersecurity in world politics / V.T. Tsakanyan // Vestnik RUDN. International Relations. — 2017. — Vol. 17, No. 2. — P. 339–348. — DOI 10.22363/2313-0660-2017-17-2-339-348. — EDN YMRWGN.
11. Геодезические работы при строительстве большого Обуховского моста в Санкт-Петербурге / О.П. Сергеев, О.Н. Малковский, Е.С. Богомолова, А.А. Никитчин // Транспортное строительство. — 2008. — № 7. — С. 9–10. — EDN TNGGNH.
12. Яшнов, А.Н. Пути повышения эффективности автоматизированного мониторинга состояния мостов на железных дорогах / А.Н. Яшнов // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. — 2019. — № 1. — С. 54–61. — EDN OQKIAG.

Slastin Semyon Vitalievich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: slastin_semen@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1291163

Marinin Alexander Nikolaevich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

E-mail: a-marinin@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1848-730X>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Modern approaches to quality control during bridge construction

Abstract. The article discusses the monitoring system for bridge construction using innovative technologies. Modern monitoring methods and tools are analyzed, including IoT sensors, artificial intelligence technologies, and geographic information systems. Special attention is paid to improving the efficiency of construction through automated data collection and analysis. The basic principles of the monitoring system functioning and examples of its application in real projects are presented. The importance of digital technologies for improving the safety and quality of bridge construction is emphasized.

The use of IoT sensors allows you to monitor the parameters of structures in real time, such as load, temperature, humidity and deformation. Artificial intelligence technologies help predict potential risks based on historical data and current indicators. geographic information systems provides data visualization and coordination of processes at all stages of construction.

The implementation of such systems helps to reduce costs, minimize human errors and optimize the time frame of projects. Successful cases of monitoring systems implementation in international projects are presented, which confirms their reliability and economic benefits. The article also touches on the prospects for further development of technologies and their role in creating the «smart» transport infrastructures of the future.

Thus, digitalization of the construction industry is becoming a key factor for achieving sustainable development and increasing the competitiveness of companies in the global market. Smart systems are able to adapt to changing conditions, ensuring durability and safety of structures.

Keywords: monitoring; bridge construction; innovative technologies; IoT; artificial intelligence; geographic information systems; quality control