

*Ищенко Полина Сергеевна*

*студентка Северо-Кавказского Федерального университета,*

*РФ, г. Ставрополь*

## **МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные методы мониторинга технического состояния мостовых сооружений с применением цифровых систем. Проанализированы традиционные и инновационные подходы к диагностике, основанные на использовании датчиков, автоматизированных систем сбора данных, технологий информационного моделирования и интеллектуального анализа. Показаны преимущества внедрения цифровых систем мониторинга для повышения надежности и безопасности эксплуатации мостов, а также для оптимизации затрат на их содержание и ремонт.

**Цель:** Целью данной статьи является анализ и систематизация современных методов мониторинга технического состояния мостовых сооружений с использованием цифровых систем, а также оценка их возможностей для повышения безопасности, надежности и эффективности эксплуатации мостов на различных этапах жизненного цикла.

**Ключевые слова:** мостовые сооружения; техническое состояние; мониторинг; цифровые системы; датчиковые технологии; BIM-технологии; эксплуатационная надежность.

This article examines modern methods for monitoring the technical condition of bridge structures using digital systems. Traditional and innovative approaches to diagnostics based on the use of sensors, automated data collection systems, information modeling, and intelligent analysis technologies are analyzed. The advantages of implementing digital monitoring systems for improving the reliability and safety of

bridge operation, as well as for optimizing maintenance and repair costs, are demonstrated.

**Objective:** The purpose of this article is to analyze and systematize modern methods for monitoring the technical condition of bridge structures using digital systems, as well as to assess their potential for improving the safety, reliability, and efficiency of bridge operation at various stages of the life cycle.

**Keywords:** bridge structures; technical condition; monitoring; digital systems; sensor technologies; BIM technologies; operational reliability.

## **Введение**

Мостовые сооружения являются важнейшими элементами транспортной инфраструктуры, от технического состояния которых напрямую зависит безопасность дорожного движения и бесперебойность транспортных потоков. Значительная часть мостов эксплуатируется в условиях повышенных транспортных нагрузок, агрессивного воздействия окружающей среды и физического износа конструкций. В связи с этим актуальной задачей является своевременное выявление дефектов и повреждений, а также прогнозирование остаточного ресурса мостовых сооружений.

Традиционные методы обследования, основанные на периодических визуальных осмотрах и инструментальных измерениях, не всегда позволяют оперативно выявлять опасные изменения в работе конструкций. Развитие цифровых технологий создало предпосылки для внедрения современных систем мониторинга, обеспечивающих непрерывный контроль технического состояния мостов в режиме реального времени.

Целью данной статьи является анализ и систематизация методов мониторинга технического состояния мостов с использованием цифровых систем, а также оценка перспектив их применения в практике дорожного строительства и эксплуатации.

## **1. Понятие и задачи мониторинга технического состояния мостов**

Мониторинг технического состояния мостов представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на наблюдение за параметрами работы конструкций, выявление отклонений от нормативных значений и оценку уровня безопасности эксплуатации.

Основными задачами мониторинга являются:

- раннее обнаружение дефектов и повреждений;
- контроль напряженно-деформированного состояния конструкций;
- оценка влияния транспортных и климатических нагрузок;
- прогнозирование срока службы сооружения;
- обоснование решений по ремонту и реконструкции.

Цифровые системы мониторинга позволяют перейти от периодических обследований к непрерывному контролю, что особенно важно для крупных и ответственных мостовых сооружений.

## **2. Традиционные и цифровые методы мониторинга**

Традиционные методы мониторинга включают визуальные осмотры, геодезические измерения, неразрушающий контроль и лабораторные исследования материалов. Несмотря на их широкое распространение, данные методы характеризуются высокой трудоемкостью и ограниченной информативностью во времени.

Цифровые методы мониторинга основаны на использовании автоматизированных систем сбора и обработки данных. Они обеспечивают постоянное наблюдение за состоянием сооружения и позволяют оперативно реагировать на изменения параметров его работы.

Ключевым отличием цифровых систем является интеграция измерительных устройств, программного обеспечения и аналитических инструментов в единую информационную среду.

### **3. Датчиковый мониторинг мостовых сооружений**

Одним из наиболее распространенных цифровых методов является датчиковый мониторинг. Он предполагает установку на мосту различных типов датчиков, фиксирующих параметры работы конструкций.

Наиболее часто применяются:

- тензодатчики для измерения деформаций и напряжений;
- акселерометры для регистрации колебаний;
- датчики перемещений и осадок;
- температурные и влажностные датчики;
- датчики коррозионной активности.

Полученные данные передаются в автоматизированную систему, где осуществляется их хранение, анализ и визуализация. Это позволяет выявлять опасные тенденции, такие как рост деформаций или изменение динамических характеристик сооружения.

### **4. Использование BIM-технологий в мониторинге мостов**

Информационное моделирование зданий и сооружений (BIM) является перспективным инструментом цифрового мониторинга. BIM-модель моста представляет собой цифровой двойник, содержащий геометрические, конструктивные и эксплуатационные характеристики сооружения.

Интеграция данных мониторинга с BIM-моделью позволяет:

-сопоставлять фактическое состояние конструкций с проектными параметрами;

-визуализировать дефекты и зоны повышенных напряжений;

-анализировать сценарии развития повреждений;

-повышать точность принятия инженерных решений.

Использование BIM-технологий способствует формированию единой информационной базы на всех этапах жизненного цикла мостового сооружения.

## **5. Интеллектуальные и аналитические системы**

Современные цифровые системы мониторинга все чаще используют методы интеллектуального анализа данных. Применение алгоритмов машинного обучения и статистической обработки позволяет выявлять скрытые закономерности в больших массивах измерений.

Интеллектуальные системы способны:

-автоматически обнаруживать аномалии в работе конструкций;

-прогнозировать развитие дефектов;

-формировать рекомендации по эксплуатации и ремонту.

Данный подход повышает эффективность мониторинга и снижает влияние человеческого фактора при интерпретации результатов.

## **6. Преимущества и перспективы внедрения цифровых систем**

Внедрение цифровых систем мониторинга технического состояния мостов обладает рядом преимуществ:

-повышение уровня безопасности эксплуатации;

- снижение риска аварийных ситуаций;
- оптимизация затрат на содержание и ремонт;
- продление срока службы сооружений.

В перспективе развитие цифровых технологий приведет к более широкому применению концепции «умных мостов», оснащенных комплексными системами мониторинга и управления техническим состоянием.

## **Заключение**

Цифровые системы мониторинга технического состояния мостов являются эффективным инструментом обеспечения надежной и безопасной эксплуатации мостовых сооружений. Использование датчиков, ВІМ-технологий и интеллектуального анализа данных позволяет получать объективную и оперативную информацию о состоянии конструкций, своевременно выявлять опасные изменения и принимать обоснованные инженерные решения. Внедрение данных методов является важным направлением развития современной отрасли строительства автомобильных дорог и мостов.

## **Список литературы**

1. Овчинников И.Г., Куликов А.В., Овчинников И.И. Мониторинг технического состояния мостовых сооружений и методы его реализации // Транспортное строительство. — 2020. — № 6. — С. 3–10.
2. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Эксплуатационная надежность автомобильных дорог и мостов. — М.: Академия, 2019. — 304 с.
3. Иванов И.И., Королёв А.С. Современные методы обследования и мониторинга мостов // Вестник МАДИ. — 2021. — № 3 (58). — С. 45–52.
4. Кочетков А.А., Морозов Н.Н. Датчиковые системы мониторинга напряженно-деформированного состояния мостов // Инженерно-строительный журнал. — 2022. — № 4. — С. 67–75.

5. Шапошников Н.А., Лапин А.А. Применение цифровых технологий при эксплуатации автодорожных мостов // Научно-технический вестник Поволжья. — 2021. — № 9. — С. 112–117.
6. Герасимов М.А., Фролов Д.С. Цифровые системы мониторинга инженерных сооружений транспортной инфраструктуры // Вестник транспортных вузов. — 2022. — № 2. — С. 38–44.
7. Смирнов Д.В., Лебедев П.С. Использование BIM-технологий при проектировании и эксплуатации мостовых сооружений // Строительство и реконструкция. — 2023. — № 5. — С. 54–61.
8. Федоров К.Н., Анисимов Р.В. Интеллектуальные системы мониторинга технического состояния мостов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2020. — Т. 17. — № 4. — С. 601–609.
9. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84\*. — М.: Минстрой России, 2019.
10. ГОСТ 33100–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила эксплуатации. — М.: Стандартинформ, 2015.