

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Канд. техн. наук, доцент **А.Н. Яшнов**
(Сибирский государственный
университет путей сообщения),
инженер **А.В. Зубко**
(ФКУ Упрдор «Енисей»)
Контактная информация: 8 (902)946-22-32;
Zubko_av@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы совершенствования системы управления мостовыми сооружениями на автомобильных дорогах федерального значения России. Описана действующая система управления определения технического состояния мостовых сооружений на примере ФКУ Упрдор «Енисей» Федерального дорожного агентства (Росавтодор).

Ключевые слова: мостовые сооружения, техническое состояние, диагностика, мониторинг, безопасность движения.

Закладываемая при проектировании надежность искусственных сооружений с течением времени в результате накопления повреждений снижается, возрастает вероятность отказов. Обеспечить необходимую надежность мостовых сооружений и безопасность дорожного движения позволяет правильная организация содержания, в первую очередь надзора. Одна из основных задач надзора – своевременное и квалифицированное определение состояния конструкций искусственных сооружений, назначение требуемых мероприятий по устранению выявленных дефектов. Очевидно, что совершенствование системы надзора за искусственными сооружениями позволит устранить дефекты на ранней стадии, что повысит надежность мостовых сооружений и принесет экономический эффект, минимизировав капитальные вложения в ремонты и капитальные ремонты мостов с безусловным обеспечением безопасности дорожного движения.

В связи с этим необходимо отметить, что надзор традиционно включает в себя: осмотры (текущие, периодические) с целью выявления дефектов и объемов работ по их устранению; обследования для определения технического состояния сооружения в целом и разработки рекомендаций по дальнейшей эксплуатации. Так, постоянные, текущие и периодические осмотры мостовых сооружений, подведомственных ФКУ Упрдор «Енисей», организовываются силами подрядной органи-

защиты по содержанию искусственных сооружений и специалистами Управления указанного ФКУ. Постоянные осмотры проводят один раз в 10 дней, текущие – 2 раза в год – весной после паводка и осенью перед ледоставом [1]. Данные о состоянии сооружения и видимых дефектах заносят в книгу моста, проверку которой проводят представители ФКУ. Периодические осмотры выполняются два раза в год – осенний и весенний периоды или по необходимости (чрезвычайная ситуация, ремонтные работы и пр.), с составлением ведомости дефектов, на основании которых выполняются работы по устранению и предотвращению развития повреждения сооружений. Специальные обследования по изучению причин возникновения дефектов или оценке состояния конструкций, недоступных для визуального осмотра, проводятся силами специализированных организаций. Кроме того, ФКУ «Енисей» техническим заданием к контракту на содержание мостовых сооружений установлены дополнительные требования – это ежедневные осмотры мостов протяженностью свыше 100 м. Выделяют также особый тип обследования искусственных сооружений – диагностику, выполняемую по установленному алгоритму, который включает процедуру получения на натуральных объектах данных о местоположении, особенностях конструкции, технических параметрах и дефектах, а также оценку технического состояния и составление технического паспорта, с обязательным внесением этих данных в автоматизированную информационную систему по искусственным сооружениям. Следует отметить, что осмотрами и диагностикой охватывается 100 % мостов на автомобильных дорогах федерального значения России.

Развитие современных технических средств и информационных технологий позволяет поднять организацию надзора на качественно новый уровень в рамках выполнения мониторинга. Согласно СП 274.1325800.2016 [2], мониторинг технического состояния – это технология информационного обеспечения принятия решений по управлению параметрами состояния мостового сооружения на всех стадиях жизненного цикла, реализуемая посредством систематического или периодического наблюдения за техническим состоянием конструкций мостовых сооружений в целом или отдельных, наиболее ответственных, элементов.

Система мониторинга технического состояния искусственных сооружений федеральных автомобильных дорог значительно усовершенствована за последние 5-7 лет. Федеральным дорожным агентством (Росавтодор) централизованно проводится диагностика мостов, данные которой аккумулируются в автоматизированной базе данных мостов (АБДМ). Такой программный продукт вошел в промышленную эксплу-

атацию, охватив весь парк искусственных сооружений на федеральных автомобильных дорогах.

Разработку автоматизированной базы данных по мостам выполнили специалисты ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» и АО «СибНИТ» (г. Новосибирск) [2, 3]. Оценка технического состояния проводится по ОДМ 218.3.014-2011 [4]. Система работает не только как накопитель данных о состоянии мостов и труб, но является частью системы управления по содержанию искусственных сооружений. АБДМ позволяет устанавливать возможность пропуска сверхнормативной нагрузки, учитывая состояние сооружений, определенного по результатам последней диагностики. АБДМ синхронизирована с другими управленческими программами Росавтодора, что позволяет оперативно согласовывать программу работ, предлагаемых специалистами ФКУ, оценивать достоверность количественных показателей, объективность назначаемых (предлагаемых) мероприятий при ремонтах и других видах работ на искусственных сооружениях. Объект принимается в работу только после принятия соответствующего решения специалистами ФДА в АБДМ. Таким образом, реализуется современный подход к управлению техническим состоянием искусственных сооружений, предложенный в работе [5].

На сегодняшний день диагностика искусственных сооружений на федеральных автомобильных дорогах России выполняется системно. Это позволяет отметить преимущества и недостатки сложившейся системы управления техническим состоянием сооружений. Несомненными ее преимуществами являются всеобщий охват сооружений, систематическое обновление автоматизированной базы данных, небольшие, по сравнению с другими видами надзора, экономические затраты, обеспечение оперативного управления сооружениями. Однако имеются еще подсистемы, требующие дальнейшего развития. Это в первую очередь касается необходимости подключения в единую систему мониторинга результатов работы автоматизированных измерительных комплексов, уточняющих фактическое напряженно-деформированное состояние несущих конструкций, что в свою очередь позволяет уточнить реальную грузоподъемность и техническое состояние мостового сооружения. Разумеется, в настоящее время на каждое сооружение поставить систему автоматизированного мониторинга не представляется возможным – затраты на оборудование будут превышать возможные потери. Целесообразность организации непрерывного автоматизированного мониторинга не вызывает сомнений и регламентирована нормативными документами для уникальных сооружений. Для остальных мостов измерения должны проводиться периодически. При этом следует отметить, что существенный недостаток организации поддержания актуальности базы данных в

том, что информация обновляется раз в пять лет и, таким образом, за этот период возможны существенные изменения в техническом состоянии сооружения – образование скрытых дефектов, изменения напряженно-деформированного состояния, которые не определяются визуально посредством постоянных осмотров.

Рассмотрим некоторые примеры, когда при наличии системы мониторинга можно было бы предотвратить развитие негативных последствий.

Первый пример – мост через р. Енисей (**рис. 2**), расположенный в нижнем бьефе Красноярской ГЭС; при периодическом сбросе воды происходит насыщение воды воздухом («кавитация») и разрушение тела опоры в переменном уровне воды. При обнаружении дефекта углубление в опоре составляло до 100 см. Выявление дефекта стало возможным только при падении уровня воды р. Енисей при приостановке сбросов воды с ГЭС. Впоследствии было проведено специальное обследование подводной части опор, детально определены характер и объем разрушений, назначены соответствующие мероприятия. Развитие повреждения до степени, когда необходимо проведение больших по объему и сложности ремонтных работ, можно было предотвратить при наличии системы периодического мониторинга динамических параметров опор. В данном случае изменение частот собственных горизонтальных колебаний опоры было бы индикатором развития повреждения тела опоры, так как общеизвестна зависимость частоты собственных колебаний конструкции от ее жесткости.

Другой пример (**рис. 3**) – мост через р. Абакан; локальный размыв опоры привел к ее крену и обрушению пролетного строения. Регулярный осмотр сооружения проводился в соответствии с традиционными технологиями надзора, но не позволил определить размыв и предотвратить разрушения.

Наконец, наиболее *характерный пример* важности организации систем мониторинга на всех стадиях жизненного цикла конструкции – образование и развитие трещин в уникальном пролетном строении моста через р. Енисей на обходе г. Красноярска (**рис. 4**). На данном сооружении были обнаружены трещины в крайних подвесках арки, в первый год эксплуатации началось трещинообразование в одной подвеске, а затем в течение 10 лет – в остальных трех подвесках (**рис. 5**). При этом при вводе моста в эксплуатацию были проведены его испытания временной нагрузкой, и отклонений в работе сооружения не было выявлено. Установленная в начале эксплуатации на пролетном строении система наблюдений за перемещениями пролетного строения с помощью спутниковой аппаратуры, к сожалению, оказалась неэффективной системой мониторинга, так как основная ее функция – своевременное пре-

дупреждение о негативных тенденциях в изменении технического состояния – не была выполнена.



*Рис. 2. Разрушение тела опоры
(мост через р. Енисей
на участке автомобильной
дороги Р-257 «Енисей», км 44+500)*



*Рис. 3. Крен опоры с обрушением пролетных строений
(мост через р. Абакан, Республика Хакасия, н.п. Камышта)*



Рис. 4. Мост через р. Енисей на участке «Обход г. Красноярск» федеральной автомобильной дороги Р-255 «Сибирь», км 30+710

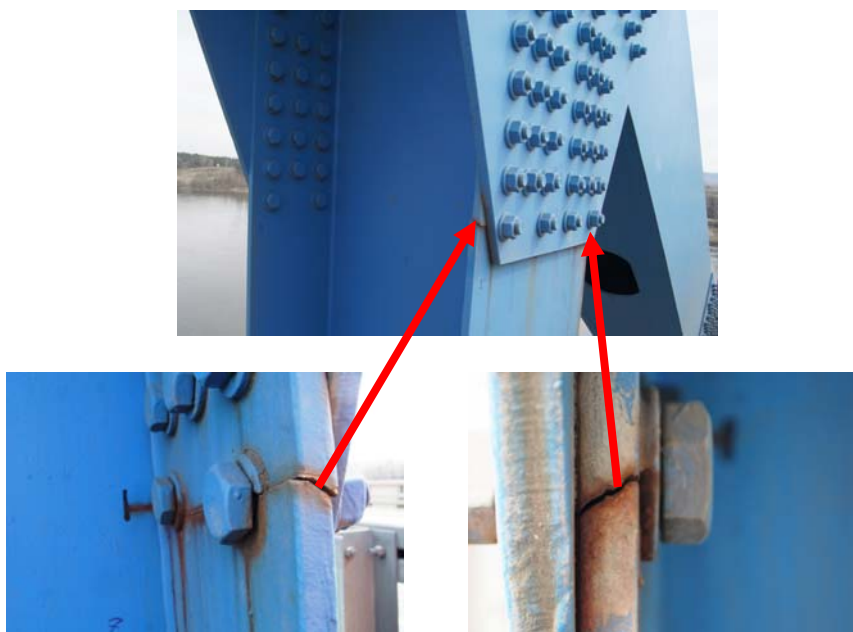


Рис. 5. Трещинообразование в коротких подвесках арки

Ранее (предыдущим владельцем сооружения) было выполнено усиление элемента с трещиной максимального развития в соответствии с рекомендациями проектной организации ОАО «Трансмост», но причины возникновения трещин не были установлены. Поэтому в 2018 г.

по инициативе ФКУ Упрдор «Енисей» проведены специальные испытания с целью определения образования трещин в крайних подвесках, влияния данного дефекта на безопасность движения и надежность мостового перехода. По результатам проведенных расчетов, обследований и испытаний удалось установить причину трещинообразования на внутренних полках в крайних подвесках. Это обусловлено высоким уровнем напряжений в элементе от постоянной нагрузки и особенностями его работы на подвижную нагрузку, которая при различном положении на пролетном строении создает переменный уровень напряжений в подвеске с большой амплитудой значений. В результате образуется усталостная трещина в наиболее нагруженной полке по сечению, ослабленному отверстиями под болты. Характер работы этих подвесок и особенности закрепления способствуют развитию появившихся трещин, высока вероятность увеличения их длины в будущем. По непонятным причинам проектировщиками не было учтено влияние жесткости узлов прикрепления, приводящей к увеличению напряжения в стойках и подвесках. Расчеты по адаптированной по результатам испытаний конечно-элементной модели позволили выявить еще несколько элементов, имеющих изначально высокий уровень нагруженности, который после появления трещины в крайней подвеске увеличился. К таким элементам относятся стойки арочной подпруги, а также соседние с крайними подвески. Высокий уровень напряжений в этих элементах указывает на то, что в дальнейшем в них также могут появиться повреждения усталостно-силового характера. Поэтому для предотвращения внезапного появления трещин в коротких стойках и подвесках необходимо организовать систему мониторинга напряженно-деформированного состояния этих элементов. Обоснование выбора оборудования для мониторинга и системы (непрерывная или периодическая) организации наблюдений следует выполнить по специально разработанной программе мониторинга.

Приведенные примеры свидетельствуют о назревшей необходимости развития систем мониторинга как основы для организации содержания искусственных сооружений на современном уровне. Решения по системам мониторинга должны разрабатываться на стадии проектирования мостов, а для уникальных сооружений с новыми конструктивными решениями следует предусмотреть еще и предпроектную стадию исследовательского мониторинга.

В процессе эксплуатации должны быть исключены случаи, когда вопрос о мониторинге напряженно-деформированного состояния возникает только при случайном обнаружении дефектов и повреждений. Вся система надзора и управления техническим состоянием должна быть направлена не только на предотвращение разрушений мостов, но, в

первую очередь, на выявление дефектов, измерение деформаций сооружения и устранение их на ранней стадии. Внедрение в систему надзора мониторинга состояния конструкций при содержании мостовых сооружений, находящихся на балансе ФКУ Упрдор «Енисей», безусловно, будет способствовать обеспечению безопасности дорожного движения, надежности конструкции мостовых сооружений с существенным экономическим эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах. – Приняты и введены в действие распоряжением Российского дорожного агентства от 30.08.99 г. № 7Р. – Электрон. данные. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200043082> (дата обращения 31.10.2018).*
2. СП 274.1325800.2016. *Мосты. Мониторинг технического состояния // ОАО «ЦНИИС». – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017. – 55 с.*
3. Рыбалов Ю.В. *Автоматизированная информационно-аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах / Ю.В. Рыбалов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 2(5). – С. 26-135.*
4. *Автоматизированная система управления и обработки информации по искусственным дорожным сооружениям (АБДМ) – прикладная система АСУ Росавтодора / Ю.В. Рыбалов, Е.В. Картавых, Ю.Н. Мурованный, А.Н. Яшинов // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2012615000 от 5 июня 2012 г.*
5. ОДМ 218.3.014-2011. *Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. – Изд. на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 17.11.2011 № 883-р. – Электрон. данные. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293780/4293780505.htm>(дата обращения 31.10.2018).*
6. Бокарев С.А. *Управление техническим состоянием искусственных сооружений железных дорог России на основе новых информационных технологий / С.А. Бокарев. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. – 276 с.*

L I T E R A T U R A

1. *Metodicheskie rekomendacii po sodержaniyu mostovyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah.* – Prinjaty i vvedeny v dejstvie rasporyazheniem Rossijskogo dorozhnogo agentstva ot 30.08.99 g. N 7R. – *Jelektron. dannye.* – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200043082> (data obrashhenija 31.10.2018).
2. SP 274.1325800.2016. *Mosty. Monitoring tehničeskogo sostojanija // OAO «CNIIS».* – M.: FGUP «STANDARTINFORM», 2017. – 55 s.
3. Rybalov Ju.V. *Avtomatizirovannaja informacionno-analiticheskaja sistema po iskusstvennym sooruzhenijam na avtomobil'nyh dorogah / Ju.V. Rybalov // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog.* – 2015. – # 2(5). – S. 26-135.
4. *Avtomatizirovannaja sistema upravlenija i obrabotki informacii po iskusstvennym dorozhnym sooruzhenijam (ABDM) – prikladnaja sistema ASU Rosavtodora / Ju.V. Rybalov, E.V. Kartavyh, Ju.N. Murovannyj, A.N. Jashnov // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programm dlja JeVM # 2012615000 ot 5 ijunja 2012 g.*
5. ODM 218.3.014-2011. *Metodika ocenki tehničeskogo sostojanija mostovyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah.* – Izd. na osnovanii rasporyazhenija Federal'nogo dorozhnogo agentstva ot 17.11.2011 # 883-r. – *Jelektron. dannye.* – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293780/4293780505.htm>(data obrashhenija 31.10.2018).
6. Bokarev S.A. *Upravlenie tehničeskim sostojaniem iskusstvennyh sooruzhenij zheleznyh dorog Rossii na osnove novyh informacionnyh tehnologij / S.A. Bokarev.* – Novosibirsk: Izd-vo SGUPSa, 2002. – 276 s.

ON THE ISSUE OF IMPROVEMENT OF ROAD BRIDGES RELIABILITY

*Ph. D. (Tech.), Associated Professor A.N. Yashnov
(Siberian Transport University),*

*Engineer A.V. Zubko
(FKU Uprodor «Yenisey»)*

*Contact information: 8 (902)946-22-32;
Zubko_av@mail.ru*

The article concerns the questions of improving the bridge management system on Russian federal roads. The operating management system for

determining the bridge structures technical condition is described using the example of FKU Uprodor «Yenisey» of the Federal Road Agency (Rosavtodor).

Key words: *bridge structures, technical condition, diagnostics, monitoring, traffic safety.*

Рецензент: канд. техн. наук М.И. Шейнцвит (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 07.09.2018 г.