

МОНИТОРИНГ МОСТА

через р. Волга на 176 км автодороги М-10 «Россия» с контролем воздействующей на него подвижной нагрузки

Одним из главных приоритетов деятельности Федерального дорожного агентства является обеспечение безопасности автомобильных дорог и дорожных сооружений. Согласно ТР ТС-014-2011 безопасность автомобильных дорог и дорожных сооружений на них, а также связанных с ними процессов проектирования (включая изыскания), строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации обеспечивается посредством установления и соблюдения соответствующих требований безопасности проектных значений параметров, в т.ч. допустимых весовых и габаритных параметров транспортных средств, а также показателей прочности, надежности и устойчивости элементов в течение всего срока службы.

О. В. Крутиков, к.т.н., генеральный директор, ООО «Т.К.М.»;

Д. И. Рыжов, старший инженер, ООО «Т.К.М.»;

Ю. С. Дабига, к.т.н., генеральный директор, ООО фирма «МИНАТРОН»;

Р. А. Белов, начальник отдела дорожных сооружений, ФКУ Упрдор «Россия».



Рисунок 1. Общий вид мостового перехода через Волгу на 176-м км автодороги М-10 «Россия»

В результате реконструкции автомобильной дороги М-10 «Россия» Москва — Тверь — Великий Новгород — Санкт-Петербург, Тверская область, на км

176 заново построен мостовой переход через реку Волга. До реконструкции переправа через Волгу осуществлялась по узкому, шириной в 2 полосы, автодорожном сооружению

постройки 1960-х годов, грузоподъемность которого из-за имеющихся дефектов плиты проезжей части была ограничена. Руслевая часть современного моста состоит из стоящих

на параллельных осях двух мостов, обеспечивающих пропуск автомобилей под каждое направление по 4 полосам (рисунок 1). Руслевые пролетные строения — стальные балочные неразрезные расчетной схемой 63+126,84+63 м. Пролетные строения в поперечном сечении состоят каждое из двух коробок, объединенных ортотропной плитой с продольными и поперечными ребрами. Внутренние стенки коробок вертикальные, внешние — наклонные. Высота балок по длине моста постоянная. Мост, согласно ГК РФ, относится к уникальным сооружениям, т.к. величина наибольшего пролета превышает 100 м.

Проектом реконструкции моста было предусмотрено создание комплексной системы непрерывного мониторинга состояния моста и отслеживания транспортного потока (КСММВТ). Ввод в действие КСММВТ выполнен при строительстве моста. Функционирование КСММВТ предусмотрено в период эксплуатации моста.

Цель мониторинга — наблюдение за напряженно-деформированным (НДС) состоянием моста. Мониторинг состояния моста через Волгу по назначению является контрольным и исследовательским, по форме представления информации в течение времени — непрерывным (ОДМ 218.4.002-2008). Он является современным видом работ в системе наблюдения (надзора) за эксплуатируемым мостовым сооружением наряду с диагностикой, обследованиями и испытаниями. Работа моста связана с восприятием конструкцией различных временных и постоянных нагрузок, воздействий. В наибольшей степени изменение НДС моста во времени определяется временной подвижной нагрузкой от транспорта. Кроме того, на мост воздействуют: временные нагрузки от пешеходов на тротуаре, ветровая нагрузка, температура и прочие временные воздействия. Согласно действующим нормам, мостовые сооружения запроектированы таким образом, чтобы они обладали достаточной надежностью при возведении и эксплуатации. Воздействие транспорта в виде временных нагрузок, другие воздействия, их изменчивость при проектировании мостов учитывают

с помощью теоретических схем, отражающих реальные воздействия приблизительно. Фактическая работа моста во время эксплуатации может быть оценена при мониторинге. Сопоставление экспериментальных параметров НДС, фиксируемых системой мониторинга в эксплуатационных условиях, с теоретическими данными, полученными при проектировании, обеспечит информацией о нормальной работе моста.

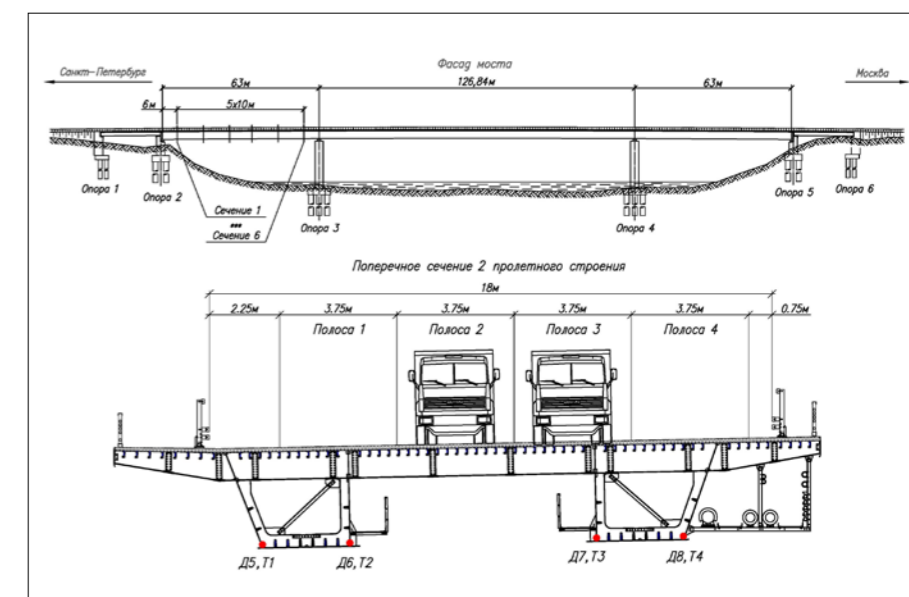


Рисунок 2. Расположение датчиков на пролетном строении левого моста.

КСММВТ состоит из двух подсистем (систем):

- ♦ Системы оперативных измерений (СОИ), основанной на датчиках, установленных на балках жесткости пролетных строений

и регистрирующих напряжения и температуру.

- ♦ Системы теленаблюдения (СТН), имеющей в своем составе телекамеры общего и детального контроля зоны мониторинга и фиксирующей автомобили, проезжающие по мосту.



Рисунок 3. Пролетное строение с датчиками

Каждая из подсистем включает в себя две аналогичные части: на правом (движение на Санкт-Петербург) и левом (движение на Москву) мосту.

Измерение нормальных напряжений в балках жесткости обеспечивается датчиками деформации (модели КМ-100В, 48 шт.), установленными в определенных нагруженных местах на конструкции (рисунки 2-4).

С помощью датчиков температуры (pt100–10 шт.) обеспечивается измерение температуры конструкции. Сигнал от датчиков поступает в устройства сбора информации MGCplus, размещенные на небольшом расстоянии от датчиков. Устройства сбора информации обеспечивают одновременное снятие отсчетов со всех датчиков с заданной скоростью (частота опроса 25 Гц). Далее сигнал поступает на серверы обработки информации с установленным на них специализированным программным обеспечением (СПО).

Система теленаблюдения имеет в своем составе телекамеры общего и детального контроля зоны мониторинга (16 шт.), сеть передачи данных, программное обеспечение системы теленаблюдения (Trassir), АРМ — рабочее место оператора системы. Телекамеры СТН осуществляют обзор участков проезжей части на мосту, на которых расположены датчики. Камеры СТН установлены на специальных рамах над полосами движения. Также в состав СТН входят видеорегистраторы (4 шт.) с установленным программным обеспечением автоматического распознавания регистрационных знаков автомобилей. Комплексная система непрерывного мониторинга состояния и отслеживания транспортного потока обеспечивает:

- ♦ непрерывное наблюдение за параметрами НДС, изменяющимися в реальных условиях, и их контроль. Пределы контрольных диапазонов заданы в соответствии с расчетами, принятыми при проектировании сооружения;
- ♦ видеонаблюдение за мостовым переходом с целью оценки ситуации на проезжей части, а также в интересах обеспечения общественной безопасности на объекте, контроля объемов и качества работ по содержанию объекта, выполняемых подрядными организациями;
- ♦ формирование базы данных по параметрам НДС и видеoinформации. Кроме того, система обладает интеллектуальной составляющей, которая обеспечивает:
- ♦ оценку временной подвижной нагрузки, действующей на мост;



Рисунок 4. Узел с датчиками (защитная крышка снята)

- ♦ видеоидентификацию и определение государственных регистрационных знаков автотранспортных средств в увязке с временной подвижной нагрузкой;
- ♦ Формирование базы данных проезжающего автотранспорта с

приведением весовых и идентификационных характеристик. Система мониторинга введена в действие в 2019 г. Система функционирует в непрерывном режиме. Одним из результатов работы КСММВТ (и, пожалуй,

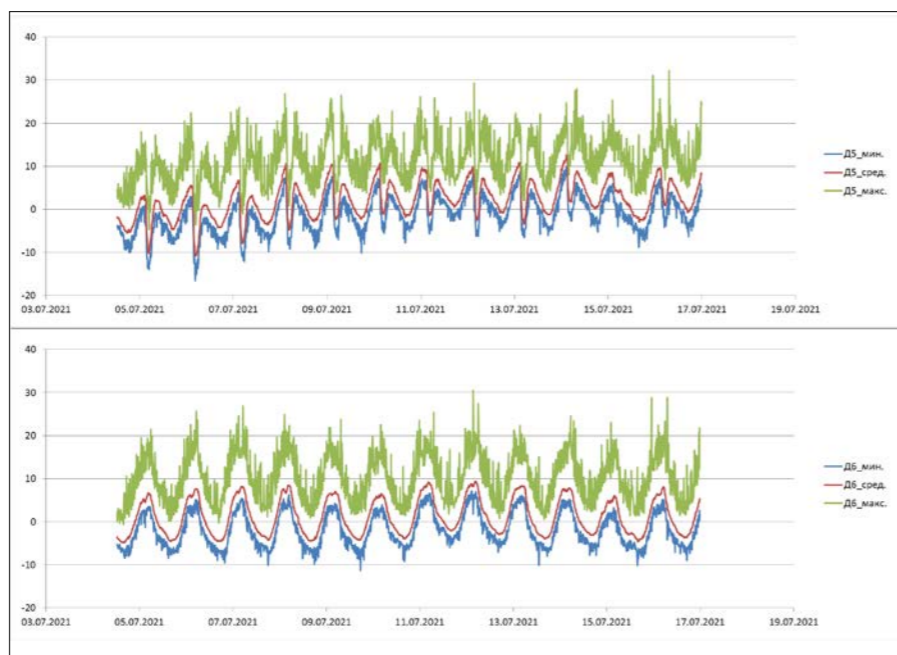


Рисунок 5. Графики напряжения (МПа) в сечении 2 пролетного строения левого моста в июле 2021 г.

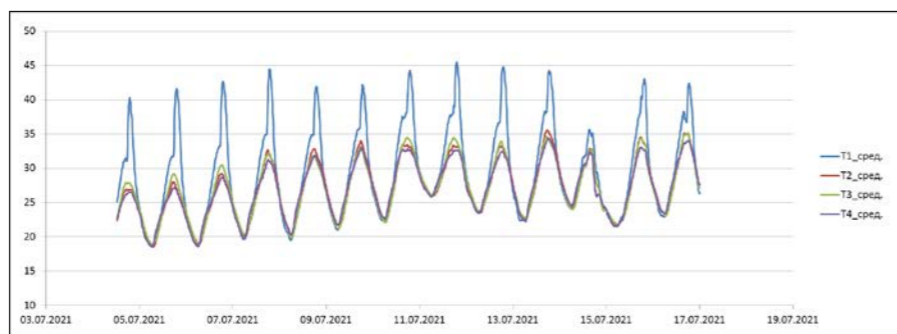


Рисунок 6. Графики температуры (°C) в сечении 2 пролетного строения левого моста в июле 2021 г.

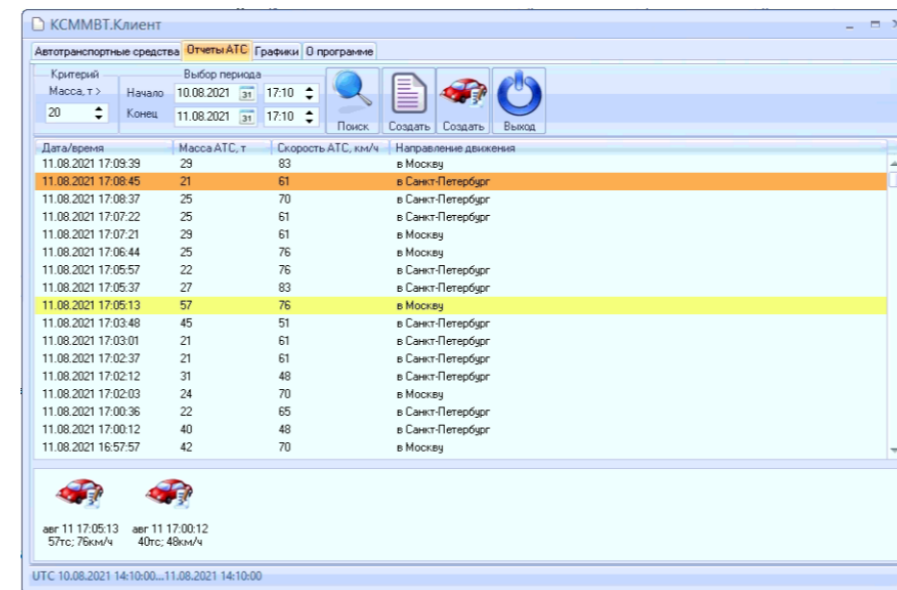


Рисунок 7. Интерфейс КСММВТ.Клиент

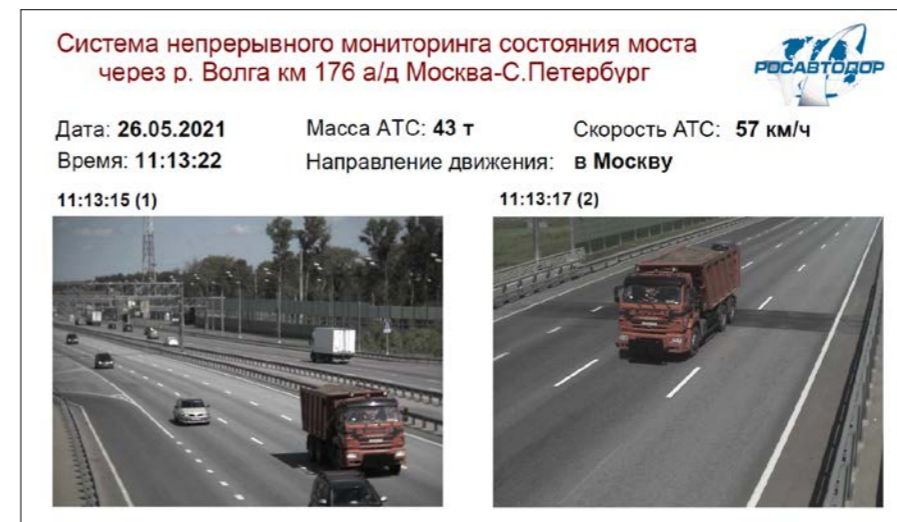


Рисунок 8. Отчет о зафиксированном событии (проезде «тяжелой» нагрузки)

самым главным) является то, что подтверждается надежная работа моста: параметры НДС на практике изменяются в пределах установленных проектом, фактов выхода параметров за пределы контрольных диапазонов не зафиксировано. Данные КСММВТ позволяют более подробно исследовать работу моста. В качестве примера на рисунках 5 и 6 приведены результаты регистрации параметров мониторинга в виде графиков изменения во времени. Значения на графиках получены осреднением за период, равный 10 минутам. Согласно результатам мониторинга, температурный режим моста обуславливается различными факторами — температурой воздуха, градиентом изменения температуры воздуха, солнечной радиацией и воздействием ветра. Последние три фактора приводят

к неравномерному распределению температуры по длине и по сечению пролетных строений и, как следствие, к изменению НДС балки жесткости пролетного строения. В графиках изменения напряжений отмечаются составляющие, связанные с температурой конструкции. Изменение температурной составляющей достаточно медленное с периодичностью 1 сутки. Также отмечается вклад в напряжения автомобилей в виде пиков различной амплитуды. КСММВТ обеспечивает контроль действующей на мост временной подвижной нагрузки. Мониторинг, реализуемый КСММВТ, — динамический. Это означает, что КСММВТ непрерывно получает подробную информацию о НДС конструкции в объеме, достаточном для анализа ее работы в условиях реальных скоростей движения автомобилей.

При частоте опроса 25 Гц, принятой в КСММВТ, одновременно всеми датчиками фиксируется НДС конструкции, соответствующее положениям движущегося со скоростью 90 км/ч автомобиля через каждый 1 м. Обработка этих данных, обеспечиваемая в реальном времени СОИ КСММВТ, позволяет надежно выявить тяжелое автотранспортное средство, определить его массу и скорость.

В случае обнаружения проезда по мосту тяжелого автотранспортного средства система фиксирует соответствующее событие. Информация о событии заносится автоматически в базу данных. Оператору информация предоставляется в реальном времени через интерфейс программы КСММВТ.Клиент в виде автоматически обновляемого списка АТС с приведением массы (рисунок 7). Кроме массы автотранспортного средства в списке содержатся: время его проезда, скорость и направление движения. По команде оператора средствами КСММВТ.Клиент формируется отчет об отдельном зафиксированном системой событии, содержащий упомянутую информацию, а также фотографии проезжей части с автомобилями на мосту в момент обнаружения (рисунок 8).

ВЫВОДЫ

Мониторинг, реализуемый КСММВТ, находится в ряду мероприятий по эксплуатации, направленных на обеспечение сохранности моста при воздействии транспортных, эксплуатационных, природно-климатических, чрезвычайных и других факторов в течение его жизненного цикла согласно ТР ТС-014–2011 «Безопасность автомобильных дорог». Мониторинг состояния моста через Волгу является современным видом работ в системе наблюдения (надзора) за эксплуатируемым мостовым сооружением наряду с диагностикой, обследованиями и испытаниями. Использование КСММВТ может быть рекомендовано для внедрения, в первую очередь, на внеклассных мостах и на мостах с ограниченной грузоподъемностью с целью оперативного контроля нагруженности этих объектов. ■