

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МОСТА НА ОСТРОВ РУССКИЙ ВО ВЛАДИВОСТОКЕ (часть II)

Технологии и технологические средства управления рисками с критичностью 8 баллов и более, поглощают потребности в управлении рисками для аналогичных элементов моста, имеющих критичности риска 4–6. Это значит, что для управления этими рисками не требуется дополнительного оборудования в рамках СМСКМ, АСУДД, КСБ сверх того, которое предусматривается для управления рисками с критичностью 8 и более.

Для полного охвата управления рисками всего объекта обычными средствами (визуальные и инструментальные наблюдения, надзор, периодические и разовые мероприятия по содержанию), включая риски первого уровня опасности, была рекомендована разработка комплексного проекта содержания мостового перехода (ПСМП).

Система мониторинга (СМ) моста на о. Русский, обособованная методом анализа рисков, предназначена для осуществления эксплуатации сооружения соответствующими службами посредством оценки текущего состояния несущих конструкций и условий пропуска транспортных средств. Основной целью при этом является обеспечение безопасности и структурной целостности объекта. СМ представляет собой совокупность следующих систем (рис. 2): программно-аппаратного комплекса (ПАКСМ), СМСКМ, АСУДД и КСБ. На данный момент такая структура СМ для большинства гигантских мостов в мире является наиболее прогрессивной. В России для мостовых сооружений эта структура применяется впервые для моста на о. Русский. Системы, входящие в общую СМ на рис. 1, имеют следующее назначение в смысле функционирования объекта и управления рисками его эксплуатации:

ПАКСМ – обеспечение интерфейса СМ, предоставление общих ресурсов, находящихся в центре управления мониторингом (ЦУМ), предоставление телефонной связи между системами, предоставление доступа к данным о состоянии моста и состоянии программно-аппаратных средств по сети Интернет, формирование отчетов, речевое оповещение персонала при возникновении нештатной ситуации;

СМСКМ – технический контроль состояния моста и накопление данных о работе моста;

АСУДД – обеспечение требований к пропускной способности, качеству пассажирских и грузовых перевозок, безопасности дорожного движения, транспортно-эксплуатационному состоянию мостового перехода;

КСБ – обеспечение инженерно-технической защиты всей инфраструктуры моста от внешнего воздействия, которое может привести к полному или частичному выводу из строя его элементов или возникновению чрезвычайных ситуаций.

Для снижения стоимости предусматриваются общие ресурсы, допускающие использование их в разных системах, например такие, как средства передачи информации на мосту, средства электропитания на мосту, часы единого времени системы мониторинга, входящие в состав ПАКСМ и используемые в СМСКМ, АСУДД и КСБ. К общим ресурсам предъявляются требования автономности и повышенной надежности.

Мониторинг состояния эксплуатируемого мостового сооружения, обеспечиваемый СМСКМ, согласно ОДН 218.4.002-2008 «Руководство по проведению мониторинга состояния эксплуатируемых мостовых сооружений», Росавтодор, 2008 г., является видом

работ в системе наблюдения за эксплуатируемым мостовым сооружением наряду с диагностикой, обследованиями и испытаниями. Согласно положениям упомянутого нормативного документа мониторинг СМСКМ по назначению является контрольно-исследовательским, по форме предоставления информации в течение времени – непрерывным.

Поскольку многие составляющие системы СМСКМ устраиваются в процессе строительства (датчики в бетоне пилона и железобетонных частях балки жесткости, сваях, метеостанции и др.), их использование не несет дополнительных затрат, но дает больший контроль и понимание работы конструкции на этапе строительства.

Основные цели создания СМСКМ, разработчиком которой для моста на о. Русский является ООО «Т. К. М.» при участии НПО «Мостовик», следующие:

- контроль пространственного положения и формы конструкций моста, напряженно-деформированного состояния, колебаний и других параметров работы моста;
- контроль метеорологических условий (температура, направление и скорость ветра, влажность, осадки и т. п.), автомобильных нагрузок, сейсмике и других внешних воздействий на мост;
- контроль соответствия параметров работы моста внешним воздействиям;
- оценка уровня безопасности эксплуатации моста и комфортности для пользователей моста;
- предоставление информации о текущем состоянии моста эксплуатирующей организации;
- накопление информации о параметрах работы моста и внешних воздействиях на него и ее использование для определения оптимальных сроков проведения обслуживания и ремонта конструкций моста, совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации мостов.

Основными задачами СМСКМ являются:

- измерение параметров работы и условий эксплуатации моста;
- получение данных из других систем;
- анализ поступающих данных;
- предоставление пользовательского интерфейса;
- накопление и хранение данных;
- передача данных в другие системы.



Рис. 1. Общая система мониторинга

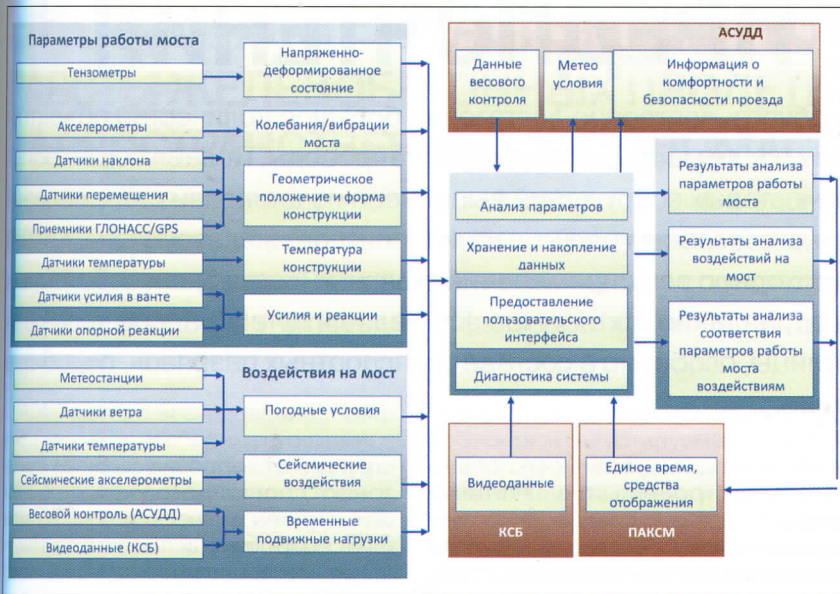


Рис. 2. Функциональная схема СМСКМ

Технический контроль состояния моста осуществляется путем сравнения получаемых при мониторинге величин с заранее установленными значениями, на основании которого может быть сделан вывод о безопасном состоянии моста. Эти установленные значения являются границами предельного диапазона – диапазона безопасного изменения измеряемой величины. При контроле определяется соответствие состояния моста требованиям государственных стандартов, нормативных документов и проектной документации. Измеряемые величины (параметры мониторинга), участвующие в контроле, называются контролируемыми параметрами.

В качестве контролируемых параметров используются параметры работы моста и условия его эксплуатации, оцененные с помощью датчиков и других технических средств системы мониторинга. Используются как значения прямых параметров, так и значения косвенных параметров, полученные расчетом с использованием измеренных параметров.

Примерами косвенных параметров могут быть:

- действительные напряжения для случая, когда к моменту начала измерения (включения датчика) в конструкции уже действовали напряжения, например, от части постоянных нагрузок. В этом случае действительные напряжения должны быть определены как сумма результата измерения и расчетной оценки напряжений от нагрузок, действовавших на момент начала измерения;
- частота резонансного пика в спектре сигнала акселерометра;
- внутренние усилия в сечении балки жесткости, например, изгибающие моменты или продольные силы,

полученные расчетом по датчикам, установленным в этом сечении;

- отклонение параметра работы моста от его теоретической оценки.

Для каждого из параметров могут быть определены предельные диапазоны и средние значения. Основные факторы, определяющие изменение (отклонения от среднего значения) каждого параметра индивидуальны. В числе этих факторов могут быть временные нагрузки и воздействия, особенности местной работы конструкции под действием, например, солнечной радиации, погрешности метода измерения или расчета косвенного параметра и т. п.

С целью определения соответствия параметра работы условиям эксплуатации моста может быть использована математическая модель.

Нахождение контролируемого параметра внутри предельного диапазона должно обеспечивать выполнение требований государственных стандартов, нормативных документов и проектной документации. В случае выхода контролируемого параметра мониторинга из предельного диапазона можно говорить о вероятном неисправном состоянии моста. (Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, ГОСТ 27.002-89).

Предельные диапазоны могут быть назначены на основании данных таких источников, как исходные данные проекта, требования по безопасности, комфортности проезда автотранспорта, расчетные характеристики материала, изменения параметра от расчетного сочетания временных нагрузок, конструктивные требования к деталям и узлам, статистические дан-

ные и пр. Необходимо отметить, что вклады в предельные диапазоны таких факторов, как особенности местной работы конструкции, погрешности метода измерения или расчета косвенного параметра и т. п. могут быть оценены только статистически, при анализе накопленных данных за определенный период эксплуатации СМСКМ.

Для информирования о возможном отказе при медленном, постепенном изменении параметра мониторинга целесообразно с целью привлечения внимания введение в пределах безопасных диапазонов по их границам «предупредительных» диапазонов. Значения «предупредительных» диапазонов должны быть заданы индивидуально с учетом заданной вероятности возможного их достижения параметром мониторинга при исправной работе сооружения.

При таком подходе в определенный момент времени состояние конструкции, оцененное по какому-либо параметру, может принимать значения:

- безопасное – контролируемый параметр находится в безопасном диапазоне, не выходя в предупредительный диапазон;
- предупредительное – контролируемый параметр находится в предупредительном диапазоне;
- опасное – контролируемый параметр вышел из предельного диапазона.

Соответственно изменению состояния конструкции диспетчер будет наблюдать изменение цвета заданной области экрана монитора.

Как уже отмечалось, принятые к внедрению элементы СМ частично уже устанавливаются на конструкции моста в процессе их возведения. В первую очередь это относится к СМСКМ как к средству оперативного контроля напряженно-деформированного состояния и текущих перемещений конструкций. Не исключено, что фактическое поведение конструкций столь уникального объекта в сочетании с воздействиями окружающей среды и технологическими операциями внесет некоторые коррективы в первоначальный проект СМ. Однако главная цель на данный момент достигнута – беспрецедентный до настоящего времени для России объект получил оптимизированный на основе анализа рисков аппарат контроля в виде наиболее полной системы непрерывного автоматического приборного мониторинга.

В. М. Курепин, к. т. н.;
А. В. Сырков, к. т. н.
(ЗАО «НИПИ ТРТИ»);
О. В. Крутиков, к. т. н.