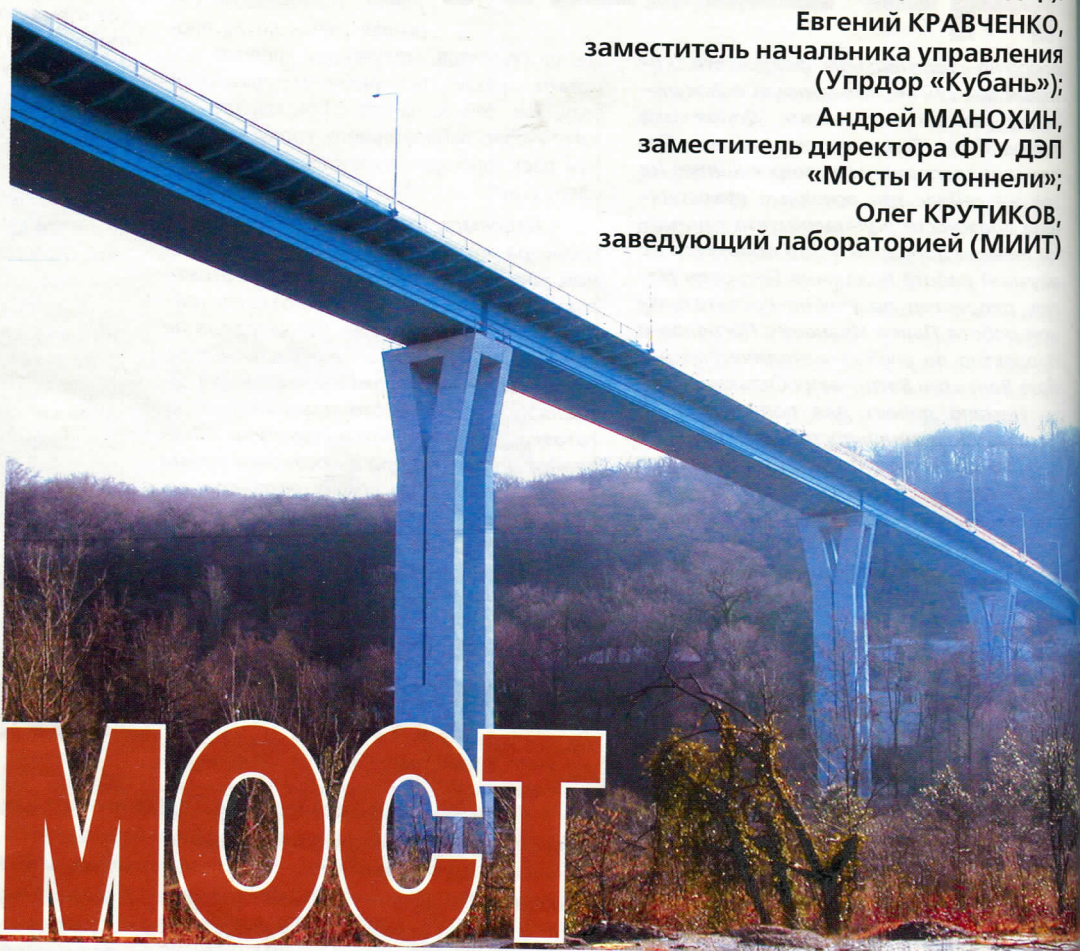


Непрерывный мониторинг состояния (НМС) моста – система наблюдения за условиями работы и поведением мостовой конструкции, направленная на обеспечение сохранения его функциональных потребительских свойств в заданных пределах, осуществляемая на непрерывной, длительной основе с использованием измерительной аппаратуры и обеспечивающая предоставление информации о состоянии конструкции в реальном режиме времени. Системы мониторинга состояния мостов разработаны и функционируют в США, Японии, Швейцарии, Южной Корее и др. странах. Опыт их эксплуатации показал положительные результаты. Эти системы получают дальнейшее развитие и широкое внедрение. В России подобные системы применялись на стадии строительства мостов с целью контроля напряженно-деформированного состояния конструкций при монтаже путем надвижки и перевозке на плавсредствах.



МОСТ ПОД КОНТРОЛЕМ

Игорь МАТВЕЕВ,
начальник отдела мостов управления
эксплуатации и сохранности
автомобильных дорог (Росавтодор);
Евгений КРАВЧЕНКО,
заместитель начальника управления
(Упрдор «Кубань»);
Андрей МАНОХИН,
заместитель директора ФГУ ДЭП
«Мосты и тоннели»;
Олег КРУТИКОВ,
заведующий лабораторией (МИИТ)

1.

В 2003–2004 г. в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) по заказу Росавтодора была выполнена научно-исследовательская работа «Разработка проекта длительного приборного мониторинга эксплуатируемых мостов». Техническим заданием на выполнение научно-исследовательской работы, кроме общих требований к проекту длительного приборного мониторинга, предусматривалось разработать инженерный проект применительно к существующему мосту через реку Мацеста на автодороге Джубга – Сочи (обход г. Сочи).

Работа была рассмотрена и обсуждена на совещании в Департаменте эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Росавтодора. В результате было принято решение об опытном применении проекта в 2004 году. Почему в качестве экспериментального сооружения был выбран именно мост через Мацесту?

Во-первых, мост через Мацесту относится к большим мостам. Пролетное строение (неразрезное балочное) неподвижно закреплено на семи опорах из одиннадцати. Во-вторых, мост построен в сложных геологических и геофизических условиях, в сейсмически опасном районе. В ходе эксплуатации из-

за геологических, оползневых и сейсмических явлений в конструкциях моста возможно появление дополнительных усилий и деформаций.

Был определен и ряд задач, которые должны находить решение в процессе мониторинга. Это:

- предоставление информации о текущей дорожной обстановке на мосту, образовании заторов, наличии препятствий для нормального движения транспорта;

- оценка безопасных условий проезда с позиции погодных условий (обнаружение гололеда);

- предоставление информации о нахождении на про-

езжей части групп людей, оставке на мосту автомобилей для обеспечения сохранности сооружения;

- выявление фактов прохождения сверхнормативных нагрузок с фиксацией даты и времени и визуализации события, оценка соответствия их грузоподъемности моста;

- выявление воздействий на мост нагрузок сейсмического характера;

- выявление деформаций конструкции вследствие оползневых явлений;

2.

Выбранный в качестве опытного применения мост через реку Мацесту (рис. 1) расположен на 2 км автодороги Джубга – Сочи (обход г. Сочи). Мост построен в 2001 году и имеет длину 928,71 м. Схема моста (80,00 + 85,00 + 91,00 + 126,00 + 114,00 + 2x68,00 + 2x63,00 + 53,00) + (53,00 + 46,00) м. Габарит – Г11,5 + 2Т1,5 м.

Неразрезное металлическое пролетное строение, соединяющее опоры 1–11, разбито на пролеты с расчетной длиной

даменты составляет от 9,0 м (оп. 12) до 42,8 м (оп. 4). Монолитные железобетонные устои также устроены на буронабивных сваях.

Пролетные строения установлены на шаровые сегментные опорные части фирмы MAURER SÖHNE. На опорах 1, 2, 10, 11 (п.с.1–11), 12, 13 (п.с. 11–13) по правой стороне установлены линейно подвижные опорные части, обеспечивающие возможность перемещений узлов вдоль оси моста. Неподвижные опорные части установлены на опорах 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (про-

оружения: подпорные стенки, дренажи, лотки, ряды буронабивных свай.

3.

В реализации поставленной задачи были задействованы несколько организаций. Разработку технического задания, математического обеспечения, испытание моста, а также научное сопровождение системы на всех этапах ее создания выполнил МИИТ, рабочий проект разработан ЗАО «ЦЕНТРОМОСТ», поставку оборудования, пусконаладочные работы, разработку программного обеспечения эксплуатационной документации выполнило ЗАО «Месстехник-НВМ», а монтаж измерительной системы был выполнен ФГУ ДЭП «Мосты и тоннели».

Благоприятным условиям для создания и дальнейшего применения этой уникальной системы способствовало еще и то, что эксплуатирующей организацией является Федеральное государственное унитарное дорожно-эксплуатационное предприятие «Мосты и тоннели», созданное по инициативе Федерального управления автомобильных дорог по Краснодарскому краю и Росавтодора в сентябре 2001 года. Оно специализируется на работах по содержанию и ремонту искусственных сооружений на федеральных автомобильных дорогах Краснодарского края и Республики Адыгея. На содержании предприятия находятся 340 мостов и 9 тоннелей общей протяженностью 22 636 м 4094 м соответственно.

Предприятие имеет в своем штате высококвалифицированный персонал, специализированную технику и выполняет свои работы на современном уровне. Например, один из объектов – Мацестинский тоннель, оснащен системами видеонаблюдения и автоматизированного контроля качества воздуха. В диспетчерском зале инженерного корпуса предприятия установлены компьютер и телемониторы системы, и получение информации о тоннеле происходит в круглосуточном режиме.

4.

Для достижения поставленных целей НМС моста через Мацесту на конструкциях были размещены аппаратные средства, обеспечивающие:

- измерение линейных перемещений (12 датчиков перемещений), угловых пере-



- накопление информации о режимах загрузки конструкции в ответственных узлах и точках, оценка накопленных усталостных повреждений

- оценка временных нагрузок и воздействий, возникающих в процессе эксплуатации моста, накопление информации об истории загрузки моста;

- оценка соответствия работы конструкции расчетной модели и регистрация фактов выхода параметров конструкции из допустимых пределов;

- оценка надежности мостовой конструкции и оценка необходимости ремонтных мероприятий;

- самодиагностика системы мониторинга.

по схеме: 79,50 + 85,00 + 91,00 + 126,00 + 114,00 + 2x68,00 + 2x63,00 + 52,25 м. Плита проезжей части – ортотропная. Пролетное строение в пролетах 1–5 в сечении – коробчатое с ребристой нижней плитой, в пролетах 6–10 – с двумя главными балками. Высота стенок – 3,62 м. Пролетное строение, соединяющее опоры 11–13, сталежелезобетонное монолитной плитой с двумя главными металлическими балками.

Мост рассчитан под автомобильную нагрузку А11 и колесную нагрузку НК-80. Промежуточные опоры моста – стоечные, из монолитного железобетона. Высота опор от подферменной площадки до обреза фун-

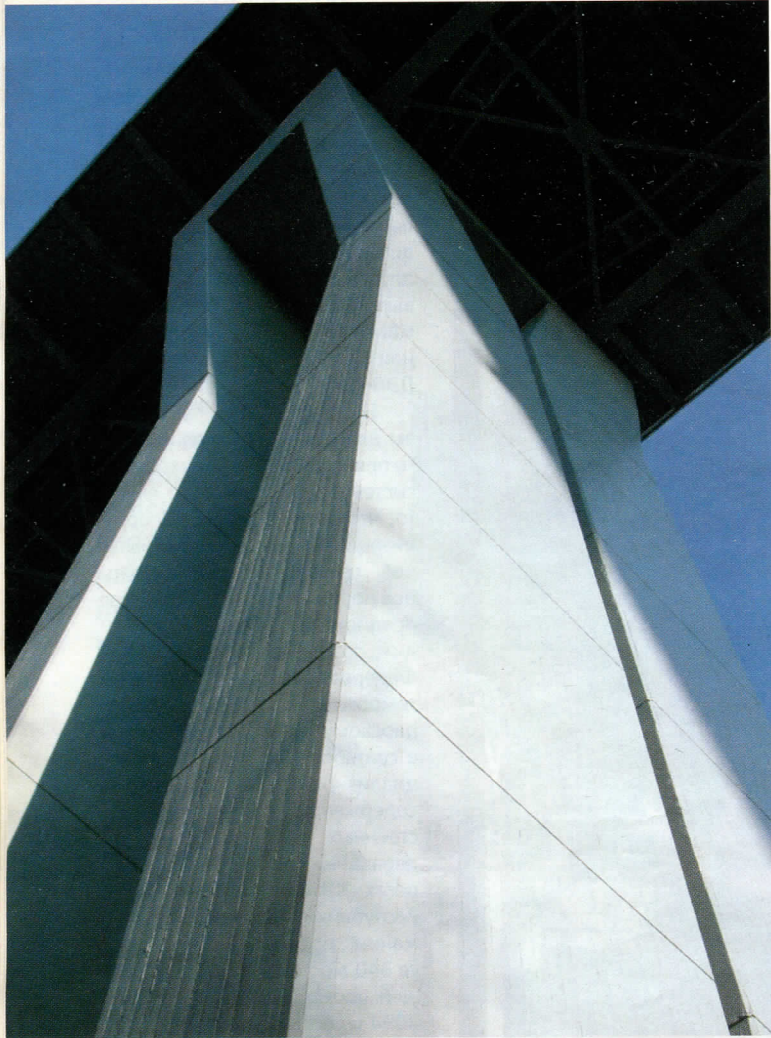
летное строение 1–11) и 11 (п.с. 11–13) под правыми балками (стенками коробок) пролетных строений. Под левыми балками на этих опорах установлены соответствующие подвижные опорные части, обеспечивающие возможность перемещений узлов поперек оси моста.

На опорах 1, 11, 13 установлены модульные, многопрофильные с поворотными траверсами деформационные швы фирмы MAURER SÖHNE.

Геологические условия расположения моста – сложные. На склонах долины имеются оползневые очаги, ручьи. Для защиты опор моста от воздействия оползней выполнены противоположные удерживающие со-

мещений (2 датчика наклона), виброперемещений (12 акселерометров), деформаций (16 тензометрических каналов) и температуры (6 термодатчиков) элементов моста, являющихся

ли». Также в непрерывном режиме происходит передача видеoinформации от телекамер, демонстрация этой информации в ЦП на мониторах и запись ее видеорегистратором.



реакцией мостовой конструкции на воздействия и нагрузки;

- постоянную съемку проезжей части моста двумя видеокамерами, фиксирующими дорожную обстановку на мосту с записью ее в видеорегистратор;
- измерение температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра для оценки метеоусловий.

Установленная система обеспечивает мониторинг состояния моста в непрерывном режиме. 25 раз в 1 секунду синхронно аппаратурой, размещенной на мосту, производится съем показаний всех датчиков. Далее информация передается по оптоволоконному кабелю в Центральный пост (ЦП). ЦП расположен в инженерном корпусе ФГУ ДЭП «Мосты и тоннели».

Обработка данных и предоставление информации о текущем состоянии моста и накопление данных для последующего анализа выполняется с помощью специализированного программного обеспечения. Программное обеспечение использует предпосылки, полученные при анализе расчетной модели моста.

Работа системы мониторинга позволяет наблюдать как за медленно протекающими (статика), так и быстро протекающими процессами (динамика), происходящими на мосту. Динамические процессы, связанные с колебаниями моста, могут быть оценены в частотном диапазоне 0...5 Гц, в котором наблюдаются основные колебания конструкции.

Кроме представления данных, поступающих от объекта мониторинга по каналам измерения, система предоставляет пользователю аналитическую информацию, получаемую при решении следующих функциональных задач.

1. *Метеоусловия. Оценка безопасных условий проезда с позиции метеоусловий.*

2. *Временные подвижные нагрузки. Оценка временных подвижных нагрузок, наблюдающихся в процессе эксплуатации моста, выявление фактов прохождения тяжелых нагрузок с фиксацией даты и времени и визуализации события.*

3. *Перемещение опор. Оценка перемещения опор, выявление деформаций конструкции вследствие оползней, выявление воздействий на мост нагрузок сейсмического характера.*

4. *Динамические характеристики. Оценка соответствия работы конструкции расчетной модели на основе анализа динамических характеристик и регистрация фактов выхода параметров конструкции из допустимых пределов.*

5.

При пуске системы в эксплуатацию в рамках пусконаладочных работ были проведены статические и динамические испытания моста. Предварительно была разработана и согласована программа испытаний. Использовалась нагрузка в виде автосамосвалов общей массой 226 т, что позволило создавать усилия в пролетном строении моста, составляющие до 71% от проектной нагрузки. Реакция конструкции в виде перемещений, деформаций (напряжений), виброперемещений на испытательную нагрузку регистрировалась датчиками измерительной системы.

Проведенные испытания позволили сделать следующие выводы:

Принятая при разработке проекта системы расчетная модель достаточно хорошо соответствует действительной работе мостовой конструкции.

Датчики системы СНМСММ адекватно отражают деформированное состояние конструкции моста.

Результаты, полученные при испытаниях, должны быть учтены в программном обеспечении системы.

Таким образом, эксплуатирующая организация ФГУ ДЭП

«Мосты и тоннели» получила в руки инструмент, позволяющий производить приборное наблюдение за условиями работы и поведением мостовой конструкции в длительном – непрерывном режиме. СНМСММ вместе с системой видеонаблюдения и автоматизированного контроля качества воздуха Мацестинского тоннеля, находящегося в непосредственной близости от Мацестинского моста, формируют Центр управления производством, под контролем которого искусственные сооружения находятся непрерывно.

Экспериментальные данные о нагрузках и воздействиях, об условиях работы конструкции, накапливаемые системой, должны обобщаться, анализироваться и быть эффективно использованы для повышения надежности и сроков эксплуатации других сооружений, в том числе при разработке нормативных документов и проектировании.

Дальнейшее развитие системы мониторинга моста через Мацесту возможно по следующим направлениям.

1. *Совершенствование аппаратной части. Общая архитектура системы СНМСММ предусматривает возможность ее модернизации и расширения. Так, например, возможно расширение функций системы путем подключения устройств управления выводом оперативной управляющей информации на табло и других средств индикации и управления, размещенных на мосту.*

2. *Развитие алгоритмов анализа информации. Совершенствование программных алгоритмов должно привести к повышению уровня аналитической подготовки информации, доступной для оператора с позиций надежности мостовой конструкции и оценки необходимости ремонтных мероприятий. Так, данные о колебаниях моста, происходящие при динамических воздействиях, несут в себе интегральную информацию о состоянии конструкции (жесткости изгибаемых элементов, закреплений и т.п.) и могут быть проанализированы методами «модального анализа».*

3. *Географическое расширение непрерывного мониторинга. Подключение СНМСММ к глобальной сети (Интернет, Интранет) с целью создания региональных систем согласованного мониторинга объектов региона.*