ОДМ 218.4.002-2008

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕДЕНИЮ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2008

gost.e-ecolog.ru

ОДМ 218.4.002-2008

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Утверждено распоряжением
Росавтодора от 24.06.2008 № 261-р

РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕДЕНИЮ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2008

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ) (*руководитель работы кандидат техн. наук Крутиков О.В., доктор техн.* наук, проф. Осипов В.О.), Федеральным государственным унитарным предприятием «РосдорНИИ» (кандидат техн. наук Шейнцвит М.И., инженеры Яновский Б.Ф., Ладошин В.В.) с учетом замечаний и предложений ОАО «Гипротрансмост» (кандидат техн. наук Селиверстов В.А.), ЗАО «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (ЗАО НИПИ ТРТИ) (кандидат техн. наук Сырков А.В.), филиала ОАО ЦНИИС Научно-исследовательский центр «Мосты» (НИЦ «Мосты» ОАО ЦНИИС) (инженер Жуков Ю.М.), Московского автомобильно-дорожного университета (государственного технического университета) МАДИ-ГТУ (проф. Васильев А.И.), Государственного унитарного предприятия города Москвы по эксплуатации и ремонту инженерных сооружений «Гормост» (инженеры Екимов В.К., Серегин В.А.), ОАО «Институт Гипростроймост» (инженер Батурин А.В,), ЗАО «Институт «Стройпроект» (инженер Суровцев А.Б.).

2. ВНЕСЕН Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3. ИЗДАН на основании распоряжения Федерального *дорожного агентства от 24.06.2008 № 261-р.*

4. ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5. ВВОДИТСЯ ВПЕРВЫЕ.

1 Область применения

Отраслевой дорожный методический документ «Руководство по проведению мониторинга состояния эксплуатируемых мостовых сооружений» (далее – методический документ) является актом рекомендательного характера в дорожном хозяйстве.

Настоящие методические рекомендации распространяются на мостовые сооружения: мосты, путепроводы, эстакады, скотопрогоны, виадуки (далее – мосты) на автомобильных дорогах и предназначаются для применения органами управления федеральными автомобильными дорогами (далее Заказчиками). При этом проведение мониторинга относится непосредственно к конструкциям сооружения, т.е. не включает в себя подходы и регуляционные сооружения. В соответствии с заключенными Заказчиками договорами (контрактами) методический документ используют организации, выполняющие работы по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию искусственных сооружений, и организации, выполняющие работы по обследованию и мониторингу мостов.

Методический документ может быть также рекомендован для надзора за искусственными сооружениями на автомобильных дорогах общего пользования органами управления территориальных автомобильных дорог.

2 Термины и определения

В настоящем методическом документе применяются следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения:

Мониторинг состояния моста (мониторинг моста) – систематическое наблюдение за работой моста в эксплуатационных условиях в течение заданного существенного промежутка времени с применением специальных технических средств, размещаемых на конструкциях моста.

Мониторинг моста, как понимается в настоящем методическом документе, – вид работы в системе наблюдений за эксплуатируемыми мостовыми сооружениями, выполняемый организациями наряду с диагностикой, обследованиями, испытаниями. При мониторинге выполняется экспериментальная оценка количественных параметров (измерение) и качественных признаков, характеризующих техническое состояние моста, к

которым относятся геометрические параметры; напряженно-деформированное состояние; температура элементов сооружения; динамические характеристики; дефекты; нагрузки и воздействия, атмосферные и др. условия эксплуатации; жесткостные, прочностные и пр. свойства конструкций и материалов. Оцениваться могут как действующие значения параметров, так и их изменение в процессе мониторинга.

Инструментальные измерения при мониторинге могут проводиться на непрерывной основе с помощью приборов с регистрацией данных непрерывно или с минимальной периодичностью, а также на основе периодических инструментальных измерений по установленным в конструкции маркам, по датчикам или приборам.

Контрольный мониторинг – вид мониторинга, который выполняется с целью технического контроля состояния моста. Получаемая информация о фактическом состоянии моста анализируется и сравнивается с заранее установленными требованиями, критериями для принятия решений о безопасном режиме эксплуатации моста. При контрольном мониторинге определяется соответствие состояния моста требованиям государственных стандартов, нормативных документов и проектной документации.

Исследовательский мониторинг – вид мониторинга, который выполняется для накопления данных о работе моста, при воздействии реальных подвижных нагрузок и природных факторов (сейсмика, ветер, температура, геология, ледоход и др.) с целью совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации мостов и оценки эффективности новых конструктивно-технологических решений строительства, ремонта или реконструкции мостов.

Сравнительный мониторинг – разновидность исследовательского мониторинга, который проводится для оценки характеристик свойств конструктивных частей или элементов мостов путем сравнения. Такой мониторинг проводится на нескольких мостах, на которых применены определенные конструктивные элементы (например, пролетное строение, опора, деформационный шов, опорная часть), находящиеся в близких условиях к эксплуатации.

Непрерывный мониторинг – вид мониторинга, при котором поступление информации о параметрах состояния моста происходит непрерывно, и информация о текущем состоянии моста постоянно доступна удаленному наблюдателю.

Периодический мониторинг – вид мониторинга, при котором поступление информации о параметрах состояния моста происходит через установленные интервалы времени. Периодичность измерений принимается с учетом состояния конструкций моста и может изменяться в процессе ведения мониторинга. Процесс получения информации осуществляется при посещении расположения моста исполнителем мониторинга.

Средства мониторинга – технические устройства, вещества и (или) материалы, используемые для проведения мониторинга моста.

Система непрерывного мониторинга моста, далее СНММ – совокупность функционально объединенных средств мониторинга, установленных на мосту и связанных с ним объектах, обеспечивающих измерение физических величин, передачу, обработку, накопление и предоставление информации обслуживающему персоналу в непрерывном режиме.

Марки – фиксирующие элементы, жестко закрепленные на конструкции, используемые для снятия показаний съемными приборами.

Датчики – установленные в конструкции элементы (первичные средства измерения) для определения деформаций, перемещений, силовых воздействий, температуры и др. свойств.

3 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ 22690—88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

ГОСТ 28570—90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкции.

ГОСТ 18895—97 Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа.

ГОСТ 1497—84* Металлы. Методы испытаний на растяжение.

ГОСТ 1759.0—87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия.

ГОСТ 6996—66* Сварные соединения. Методы определения механических свойств анализа.

ГОСТ 12004—81* Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение.

ГОСТ 14098—91 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкция и размеры.

ГОСТ 24.104-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования.

ГОСТ 12.4.087—84 ССБТ. Строительство. Каски строительные. Технические условия.

ГОСТ 12.4.107—82 ССБТ. Строительство. Канаты страховочные. Общие технические требования.

ГОСТ Р 52289 - 2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.

ГОСТ 12.0.004—90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

ГОСТ Р 8.563-96 Методики выполнения измерений.

ГОСТ 34.201-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.

ГОСТ 19.101-77 Единая система программной документации. Виды программ и программных документов.

ОСТ 7564—97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний.

СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции

СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы (проектирование). /Госстрой СССР. - М.: ГУП ЦПП, 1996.

СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы. Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998.

СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний/Госстрой СССР. –М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1988.

СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

Методические рекомендации по вибродиагностике автодорожных мостов. Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации (РОСАВТОДОР), утверждено распоряжением № 266-р от 07.08.2001 г.

ВСН 4-81 (90) «Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах (Минавтодор РСФСР).

ВСН 37-84 «Инструкции по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ» Минавтодора РСФСР.

ОДН 218.0.017-03 Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых сооружений. (Распоряжение Росавтодора от 29.03.2003 г. № ОС-198-р).

Методика определения содержания хлоридов в железобетонных конструкциях мостовых сооружений. (ОДМ Распоряжение Росавтодора от 09.10.2002 г. № ОС-857-р).

«Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания», М. 2004 г.

DGZ B3 «Инструкция по измерению электрохимического потенциала для определения коррозии арматурной стали ж/б конструкции». Нем. стандарт.

ASTMC 876-80 «Стандартный метод потенциалов для испытания обнаженной арматурной стали».

BS 1881 Part 201 «Стандартный метод потенциалов для испытания обнаженной арматурной стали».

ASTM-A956-96 Американский стандарт по оценке твердости металла.

ГОСТ 27655-88 Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.

NDIS 2421. Recommended practice for in situ monitoring of concrete structures by acoustic emission, The Japanese Society for Non-Destructive Inspection (NDIS), 2000.

«Требования к техническим средствам и системам комплексного обеспечения безопасности, автоматизации и связи многофункциональных высотных зданий и комплексов». Пособие для специалистов проектных и монтажных организаций, заказчиков, страховых компаний, инвесторов и контролирующих органов, УДК 331.45, ББК 65.247.

"A Proposed Standard for Evaluating Structural Integrity of Reinforced Concrete Beams by Acoustic Emission" Shigenori Yuyama, Takahi&a Okamoto, Miteuhiro ShigeiaM, Masayusu Ohtsu, and Terao Kishi, Acoustic emission Standards and Technology Update edited by SJ.Vahaviolos, American Society for Testing and Materials, STP1353, 1999, pp.25-40.

4 Виды, задачи и объекты мониторинга

а) Виды мониторинга состояния моста систематизируются по следующим основным признакам: по назначению, по форме предоставления информации в течение времени.

б) По назначению мониторинг может быть исследовательским или контрольным.

в) При контрольном мониторинге решается задача по предупреждению возникновения аварийных состояний конструктивных элементов и сооружения в целом, которые могут быть вызваны чрезвычайными обстоятельствами: природными явлениями – паводками, ураганами, землетрясениями и т.п.; деятельностью людей, а также вследствие опасного развития дефектов, имеющихся в эксплуатируемой конструкции.

г) К задачам, решаемым в ходе исследовательского мониторинга, относятся:

- исследование работы конструкций с применением новых конструктивно-технологических решений или материалов;
- исследование эксплуатационных воздействий на сооружение;
- выявление причин появления дефектов и прогнозирование их развития;
- исследование работы моста в эксплуатационных условиях, выбор вида математических моделей, используемых при надзоре состояния сооружений, проектировании и т.п.

д) По форме предоставления информации в течение времени мониторинг состояния моста может быть периодическим или непрерывным.

е) Объектами мониторинга являются:

- преимущественно мосты с большими пролетами (стальные мосты с пролетами длиной более 100 м, железобетонные с пролетами более 80 м), мосты большой высоты (высота опор более 40 м), мосты со сложными конструктивными решениями и особенностями (мосты висячих или вантовых систем, совмещенные и разводные мосты и т. п.);
- мосты, эксплуатируемые в сложных инженерно-геологических, сейсмических или климатических условиях;
- мосты после строительства, реконструкции, модернизации или ремонта, осуществленных с использованием новых технологий, конструкций и материалов;

- мосты, эксплуатируемые в аварийном состоянии, вызванном чрезвычайными обстоятельствами в период ликвидация аварийных ситуаций;

- мосты, подлежащие ремонту, в случае необходимости установления причин возникновения и динамики развития дефектов, разработки прогноза их развития.

ж) При проведении мониторинга используются результаты научного сопровождения, выполненного в период проектирования и сооружения моста (мониторинга строительства).

5 Организация работ по мониторингу

а) Мониторинг мостов может проводиться по решениям приемочных комиссий, по требованиям проектных, эксплуатационных организаций и организаций, выполняющих работы по обследованию, а также в связи с выполнением научно-исследовательских и опытных работ, когда решение вопросов, связанных с эксплуатацией сооружения, не может быть получено только расчетным путем, по данным обследований и испытаний. Необходимость мониторинга обосновывается. Решение о необходимости проведения мониторинга оформляется в виде заявки, которая включает в себя обоснование необходимости мониторинга, требования инициирующей организации к мониторингу.

б) Периодический мониторинг организуется в 2 стадии. На первой стадии разрабатывается Программа периодического мониторинга (Программа). На второй стадии проводится мониторинг с предварительной установкой оборудования в соответствии с Программой.

Непрерывный мониторинг организуется в 3 стадии. Первая стадия – разработка проекта СНММ (Проект СНММ), вторая стадия – ввод в действие СНММ, третья стадия – проведение мониторинга.

в) Перечень объектов исследовательского мониторинга, находящихся на автомобильных дорогах федерального значения, составляет Федеральное дорожное агентство.

Объекты контрольного мониторинга, находящиеся на автомобильных дорогах федерального значения, назначают органы управления федеральных автомобильных дорог по согласованию со службой дорожного хозяйства.

г) Размещение заказов на разработку Программы или Проекта СНММ контрольного мониторинга, ввод в действие СНММ и

проведение работ по мониторингу этого вида выполняет орган управления федеральной автомобильной дороги (по принадлежности).

Для периодического мониторинга Программа может быть составлена самим органом управления федеральной автомобильной дороги на основе предложений организации, выполнявшей обследование моста, или организации, проектирующей ремонт, реконструкцию или строительство моста.

д) Контрольный мониторинг на мостах, где требуется проведение неотложных работ, организует орган управления федеральной автомобильной дороги. Программу в этом случае разрабатывает организация, привлекаемая для проведения мониторинга.

ж) Программа периодического мониторинга содержит основные положения и требования в объеме, достаточном для заключения договора с исполнителем мониторинга.

Рекомендуется следующее содержание Программы:

- цель мониторинга;
- система периодичности измерений и сроки выполнения работ;
- основные характеристики объекта мониторинга;
- задачи мониторинга, анализ имеющихся материалов наблюдений и обследований;
- перечень видов работ, деталей, элементов конструкции, где необходимо проводить измерения;
- применяемые средства мониторинга, порядок их установки;
- применяемые средства измерений, приборы, оборудование, порядок и место их установки, порядок измерений;
- порядок проведения инструментальных измерений;
- методика обработки данных измерений и анализа результатов;
- мероприятия по обеспечению доступа к элементам конструкции для установки датчиков, марок, снятия отсчетов;
- мероприятия по обеспечению сохранности установленных датчиков, марок и приборов от их повреждения, вандализма, хищения;
- перечень отчетных документов, сроки их представления.

и) Требования к проекту непрерывного мониторинга даются в разделе 8.

к) Вопросы организации работ по мониторингу регулируют в рамках договора. Доступ к элементам конструкций моста обеспечивает, как правило, Заказчик (в договор эти затраты не включают).

6 Средства мониторинга

а) При мониторинге моста, как правило, применяют неразрушающие методы контроля. Возможно использование псевдонеразрушающих методов (с локальным нарушением защитного слоя бетона, взятием образцов материала в виде кернов или вырезкой), которые могут применяться в начале мониторинга.

б) Номенклатура измеряемых величин, их номинальные значения и допускаемые отклонения полно и адекватно соответствуют параметрам, отражающим состояние моста.

в) Требования к точности измерений устанавливают исходя из возможности определения свойств конструкции, материалов для оценки состояния в доверительном интервале точности.

г) Применяемые средства мониторинга находятся в работоспособном состоянии в условиях эксплуатации моста.

д) При мониторинге используются технические средства со сроком службы не менее десяти лет при длительности мониторинга более 10 лет или сроком службы не менее длительности мониторинга с учетом замены неисправных и выработавших свой ресурс компонент. Применение технических средств с меньшим сроком службы допускается по согласованию с Заказчиком.

е) Измерение каждого параметра рекомендуется осуществлять не менее чем двумя датчиками, приборами или другими средствами измерения.

ж) При организации контрольного мониторинга измерения осуществляются в соответствии с методиками проведения измерений, разработанными согласно ГОСТ Р 8.563-96 и аттестованными в установленном порядке. Методики выполнения измерений обеспечивают требуемую точность измерений.

7 Периодический мониторинг

7.1 Виды работ, выполняемых при мониторинге

При мониторинге проводят работы, обеспечивающие оценку напряженно - деформированного состояния конструкции, и прогноз его изменения. Рекомендуемый перечень работ изложен в нижеследующих пунктах и относится в целом к мостам, но не означает выполнение в полном объеме для конкретного сооружения.

а) Осмотр элементов, деталей конструкций с выявлением и выделением на конструкции повреждений и дефектов – мест коррозии материала, арматуры в бетоне, трещин, мест возможной концентрации напряжений, протечек воды и т.п. Предусматривают

инструментальные измерения параметров отмеченных дефектов: длины и ширины раскрытия трещин, площади и толщины продуктов коррозии, площади протечек и т.п.

б) Определение физико-механических характеристик материалов, их химический состав, содержание хлоридов в бетоне, толщины защитного слоя и глубины карбонизации бетона в соответствии с «Методикой определения содержания хлоридов в железобетонных конструкциях мостовых сооружений».

в) Контроль геометрических характеристик конструктивных элементов сооружения: очертания и формы взаимного положения сопрягаемых элементов, например, пролетных строений и опор, профиля, уклонов и углов перелома проезжей части.

г) Определение деформаций материала (бетона, стали, клеев, швов), вызванных длительными процессами (релаксации, усадки и ползучести бетона). Также от воздействия временной нагрузки (проходящего транспорта, от фиксированной – специально установленной нагрузки), характеризующей жесткостные показатели конструкции.

д) Выявление деформаций, перемещений материала в местах дефектов (трещин, концентрации напряжений и др.), влияющих на характер работы элементов конструкций, от постоянной нагрузки во времени и от воздействия временной нагрузки.

е) Исследование (определение) деформаций – напряжений в материале (бетоне, металле) конструкции от постоянной нагрузки, т.е. соответствующих состоянию конструкции на период проведения работ.

ж) Определение динамических характеристик конструкций (частоты, амплитуды, ускорения колебаний), вызванных воздействием проходящего транспорта по сооружению или специальной прилагаемой фиксированной нагрузки.

з) Определение линейных и угловых перемещений в характерных сечениях (местах) конструкции, вызванных изменением напряженно-деформированного состояния во времени, а также от временной нагрузки проходящего транспорта и (или) от фиксированной специально установленной нагрузки.

и) Фиксирование показателей влажности и температуры конструктивных элементов и сооружения на период выполняемых инструментальных работ.

к) Обработка данных инструментальных измерений, анализ работы конструкций по результатам измерений, оценка

транспортно-эксплуатационного состояния сооружения и прогноз его изменения, разработка рекомендаций по эксплуатации сооружения.

л) Для выполнения работ по определению геометрического очертания конструкций моста и (или) взаимного положения сопрягаемых элементов конструкции в характерных местах (в соответствии с Программой мониторинга) устанавливают марки, датчики, соответствующие используемым при этом измерительным средствам (геодезическим инструментам, специальным приборам снятия отсчетов датчиков, деформометров и т.п.).

м) Для определения длительных деформаций материала устанавливают марки для периодического присоединения деформометров при измерениях или датчики, предназначенные для длительной работы в натурных условиях.

н) Для определения жесткостных показателей конструкций и (или) динамических характеристик устанавливают крепежные элементы для соответствующих измерительных устройств (тензометров, прогибомеров, угломеров, вибрографов и т.п.).

о) Для определения напряжений – деформаций бетона (металла) от постоянной нагрузки – устанавливают датчики, работающие длительное время совместно с конструкцией, или устанавливают датчики только в период измерения напряжений методом "разгрузки", путем выделения фрагмента с датчиком из конструкции (или методом частичной разгрузки, когда датчики остаются на конструкции).

п) Профиль проезжей части контролируют путем нивелирования в створах вдоль моста по краям ездового полотна и по оси проезжей части. Марки для нивелирования устанавливают в характерных местах для выявления продольных и поперечных уклонов, углов перегиба профиля вдоль проезжей части.

р) Рекомендуемые средства измерения, приборы, оборудование, методики приведены в Приложении А. При этом не исключается использование других средств для инструментальных измерений, обеспечивающих решение задач мониторинга.

7.2 Особенности организации системы мониторинга и анализа результатов измерений с оценкой технического состояния

а) Контроль перемещений (прогибов) конструкций в вертикальной плоскости рекомендуется осуществлять геодезическими инструментами, например, нивелированием, по

маркам, размещаемым в характерных сечениях. С учетом особенностей конструкции и обеспечения сохранности марок рекомендуется их нижеследующее размещение. Возможно использование и других методов, обеспечивающих необходимую точность измерения.

1) В балочных пролетных строениях по нижней поверхности ребер вдоль оси балок, для цельнопролетных балок как минимум в трех сечениях (вблизи мест опирания и в середине), для составных по длине – как минимум в пяти сечениях (у мест опирания, в середине и четвертях).

2) В коробчатых составных по длине железобетонных пролетных строениях – внутри коробки на нижней (внутренней) поверхности верхней плиты вдоль ее оси. Для балочных неразрезных – минимум в пяти сечениях над опорными частями, в середине и четвертях. Для рамно-консольных, как минимум в трех сечениях консоли (под опорой, на конце консоли и в середине), для металлических коробчатых балок – те же рекомендации.

3) В сталежелезобетонных пролетных строениях и стальных балках (фермах) нивелировку осуществляют по маркам, устанавливаемым на нижних полках балок (ферм), как минимум в *местах опирания, в середине и четвертях пролетов; в особых случаях* контроля деформаций ферм – марки устанавливают в узлах панелей.

б) Контроль сохранения формы конструкции, перемещений (выгибов) элементов из вертикальной плоскости рекомендуется осуществлять теодолитной съемкой по маркам, устанавливаемым на ребрах, панелях, раскосах, поясах балок и ферм, а также на теле, столбах, подферменниках опор в ожидаемых неблагоприятных сечениях.

в) Места марок (марки) могут быть отмечены (несмываемой водой) краской и специальными пластинками, марками, которые закрепляют на конструкции приклеиванием, анкерами, заделываемыми в бетон, или винтами к металлической конструкции.

г) Нивелирование положения конструкции, как правило, выполняют с высотной привязкой к реперам. Если такая возможность отсутствует, высотную привязку осуществляют к маркам, устанавливаемым на опорах.

д) Для наблюдений за угловыми перемещениями в конструкциях пролетных строений и опор датчики, электронные угломеры (отвесы) устанавливают в местах ожидаемых максимальных величин углов поворота, как правило, по осям опирания пролетных строений, при необходимости в местах резкого

изменения жесткости конструкции (изменения поперечных размеров сечения), в верхней части опор.

Учитывая ограничение средств на использование устанавливаемых стационарно датчиков на элементах конструкции, выбирают наиболее характерные места в поперечном сечении и вдоль пролетного строения моста. Для исключения случайного нарушения положения датчиков работниками эксплуатирующей организации, датчики закрывают защитным кожухом. Вместе с тем следует принимать меры по недопущению нахождения на сооружении посторонних лиц, чтобы предотвратить хищения или порчу, сдвижку датчиков.

е) Для контроля длительных деформаций в конструкции датчики линейных перемещений или марки для деформометров рекомендуется размещать в местах, где проявляется специфика работы конструкции, например, в зоне стыков объединения железобетонной плиты с металлической балкой в сталежелезобетонных конструкциях, в стыках составных по длине железобетонных пролетных строений.

При этом для контроля работы стыков рядом устанавливают марки с базами, перекрывающими и не перекрывающими стык.

Марки под деформометры устанавливают по специальным шаблонам, обеспечивающим последующую точную установку деформометров на участке, имеющем плоскую поверхность.

ж) Для оценки напряженного состояния железобетонных конструкций определяют установившиеся в процессе эксплуатации напряжения в бетоне. При определении напряжений на плоскости учитывают случай плоского напряженного состояния и на площадке исследования напряжения (далее «точка») размещают датчики в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом для «точки» в каждом направлении устанавливают (наклеивают) не менее трех дублирующих друг друга датчиков для обеспечения достоверности исследования. Поэтому площадку исследования напряжений в бетоне по возможности размещают на участке конструкции, где напряжения в бетоне практически не изменяются.

Для повышения точности измерения рекомендуется исследования проводить в местах (элементах), где ожидаются наибольшие сжимающие напряжения. При этом исключаются места в зонах действия местных напряжений, где их величина может резко отличаться в точках, отстоящих друг от друга даже на небольшие расстояния – порядка 5-10 см (например, в надопорных участках, в зоне резкого изменения жесткости сечения, вблизи стыков

составных по длине конструкции, в зонах объединения элементов в раму и т.п.).

з) Анализ результатов инструментальных измерений рекомендуется выполнять с учетом влияния на деформации конструкций температурно-влажностных условий на время измерений.

При замерах температуры конструкции и воздуха учитывают особенности работы конструкции, район эксплуатации и расположения сооружения относительно воздействия солнечных лучей. Например, для сталежелезобетонных конструкций необходимо измерять температуру железобетонной плиты, металлических балок, в том числе крайних, находящихся под воздействием солнечных лучей. Для коробчатых балок – температуру верхней плиты, ребер, нижней плиты и крайних ребер, подверженных нагреву солнечными лучами, температуру воздуха также внутри коробки.

и) При определении перемещений в конструкции в вертикальной плоскости (прогибов, выгибов) для случая, когда нивелирование выполнено в привязке к маркам, установленным на опорах, анализ результатов выполняют с учетом возможных изменений во взаимном положении опор (при их просадке или выпирании).

к) При анализе изменения напряженно-деформированного состояния конструкции по данным инструментальных измерений учитывают в математической модели фактическое состояние конструкции и условий работы (фактические геометрические характеристики и постоянные нагрузки).

Например, учитывают фактические геометрические характеристики сечений конструкции на момент исследований (измерений), включение в работу балок пролетных строений железобетонных плит на большей ширине, чем принимают при проектировании, степень включения в работу сечения слоев дорожной одежды (в зависимости от температурных условий), а также фактическую постоянную нагрузку.

При анализе работы опор, их податливости, учитывают фактическое состояние конструкции, уровни заделки опор в грунте, уровни воды. Проектные данные податливости опор, рассчитанные в экстремальных условиях, могут существенно отличаться и для сопоставительного анализа, как правило, неприемлемы.

При анализе рекомендуется учитывать влияние на напряженное состояние температурно-влажностных показателей конструкции на момент исследований. В частности, появление

напряжений в конструкции вследствие различия температуры в элементах сечения – плитах, ребрах, особенно в коробчатых сечениях и сталежелезобетонных конструкциях.

В железобетонных конструкциях пролетных строений учитывают сезонные деформации бетона, вызванные изменением влажности. Температурно-влажностные условия влияют также на реактивные усилия в опорных частях и опорах.

л) Для выявления фактических параметров жесткости конструкций, определения центра тяжести сечения при необходимости проводят исследования работы конструкции под испытательной нагрузкой. Фактическую постоянную нагрузку определяют на основе тщательных геометрических замеров при необходимости с взятием кернов по слоям дорожной одежды.

м) Изменение напряжений в бетоне и металле с момента их определения методом "разгрузки", как правило, выявляют расчетным путем по результатам последующих инструментальных измерений деформаций и перемещений элементов конструкций. При необходимости напряжения в бетоне и металле определяют повторно в период проведения мониторинга.

н) При анализе изменений напряженно-деформированного состояния учитывают также результаты наблюдений за развитием имеющихся в конструкции повреждений и дефектов.

о) Прогнозирование изменений напряженно-деформационного состояния пролетного строения осуществляют на основе выявленной за период мониторинга тенденции, характеризуемой наличием (отсутствием) необратимых перемещений, деформаций, развитием (или стабилизацией) повреждений и дефектов.

При наличии тенденции развития негативных процессов в изменении деформированного состояния критериями прогноза сроков работоспособного состояния пролетного строения служат допускаемые нормативами величины прогибов, углов поворота и напряжений в элементах конструкции.

п) В соответствии с результатами мониторинга даются рекомендации по дальнейшей эксплуатации моста в части:

- необходимости и сроков проведения профилактических, планово-предупредительных или ремонтных работ;

- необходимости и сроков продолжения мониторинга с проведением дополнительных исследований в системе надзора за сооружением.

р) При анализе работы сооружения следует учитывать требования нормативной документации к сооружениям и материалам конструкции, из которых они изготовлены (СНиП 3.06.07-86, СНиП 3.06.04-91, СНиП 2.05.03-84*).

7.3 Документация по мониторингу

а) Документация на проведение мониторинга включает:

1) Программу мониторинга, утвержденную заказчиком.

2) Чертежи (схемы) моста с указанием мест установки используемых при мониторинге марок, датчиков, приборов и т.п., составляющих базу инструментальных измерений.

3) При необходимости сертификаты, паспорта используемых измерительных средств, поверочные сертификаты, акты к ним.

4) Журналы ведения инструментальных наблюдений по каждому виду работ на бумажных носителях и в электронном виде. Все записи в журнале подписываются исполнителем.

б) При создании базы инструментальных измерений оформляют следующую документацию:

1) Исполнительные чертежи-схемы размещения марок, датчиков, приборов, всех видов инструментальных измерений.

2) К каждому журналу ведения конкретного вида работ прикладывают детальную схему расположения используемых при этом марок, датчиков, приборов и т.п. В каждом случае указывают адрес размещения измерительного средства:

номер пролетного строения (опоры), элемента конструкции, номера деталей элементов, геометрическую привязку к ним места размещения измерительного средства. Каждому измерительному средству (марке, датчику, прибору) присваивается свой номер, который также записывают непосредственно на конструкции.

3) К журналу ведения наблюдений за развитием или появлением дефектов прикладывают схемы (чертежи) размещения на конструкции дефектов, их «адреса», базовые величины измерительных параметров: длину, ширину раскрытия трещин, площади и толщины продуктов коррозии, площади разрушений, протечек и т.п. В натуре на конструкции также отмечают границы дефектов, их основные параметры.

4) В журналах на каждый вид наблюдений записывают базовые отсчеты, показания, параметры контролируемых при мониторинге величин, предусмотренных программой. При геодезической съемке

составляют графические иллюстрации очертания конструкций в плане и профиле.

в) При проведении мониторинга в журналы наблюдений записывают измеряемые параметры, даты измерений. При геодезической съемке наносят графическое изображение результатов в плане и профиле.

г) На каждом этапе инструментальных замеров подсчитывают и записывают в журналы, при необходимости иллюстрируют графиками величины изменения замеряемых параметров по отношению к предыдущему измерению и к базовому. Выявленная динамика изменений соответствующих параметров может служить основанием для корректировки сроков, интервалов и продолжительности ведения периодических инструментальных измерений. При этом составляют заключение о предварительных результатах мониторинга.

д) Отчетным документом по проведению мониторинга является научно-технический отчет, составляемый по завершении работ. Возможно составление промежуточных отчетов по результатам годовых наблюдений, если это предусмотрено программой мониторинга.

Научно-технический отчет включает все результаты наблюдений и инструментальных измерений, анализ их, оценку состояния сооружения, причины возникновения тех или иных повреждений, дефектов и рекомендации по другим вопросам и задачам, поставленным при мониторинге.

Отчет готовится на бумажном и электронном носителе.

Формат документа, текстовой и графической части, оговаривается с заказчиком по конкретным сооружениям при составлении договора.

е) Результаты работ являются собственностью заказчика, однако могут быть использованы исполнителем в других работах при анализе аналогичных сооружений.

ж) Средства контроля, устанавливаемые на объектах мониторинга, могут быть переданы заказчику в постоянную эксплуатацию с вытекающими требованиями по их содержанию, а также могут быть временно установлены исполнителем на объекте мониторинга, являясь собственностью исполнителя при ответственности заказчика за их сохранность и соблюдение условий эксплуатации (например, качество энергоснабжения).

8 Особенности организации непрерывного мониторинга моста

8.1 Система непрерывного мониторинга моста

а) Требования к СНММ, относящихся, как правило, к классу измерительных информационных или измерительных контролирующих автоматизированных систем управления, соответствуют ГОСТ 24.104-85.

б) СНММ в необходимых объемах выполняет сбор, обработку, анализ и накопление информации о состоянии моста, и предоставление ее персоналу; выработку и передачу сигналов персоналу о критическом состоянии моста; обмен информацией (документами, сообщениями и т.п.) с взаимосвязанными автоматизированными системами.

в) В СНММ предусматривается возможность контроля метрологических характеристик измерительных каналов.

г) Для эффективного выполнения техническими средствами своего назначения при функционировании СНММ предусматривается защита технических средств СНММ от воздействия внешних электрических и магнитных полей, а также помех по цепям питания.

д) Программное обеспечение СНММ разрабатывается достаточным для выполнения всех функций СНММ, реализуемых с применением средств вычислительной техники, а также содержит средства организации всех требуемых процессов обработки данных, позволяющих своевременно выполнять все автоматизированные функции во всех регламентированных режимах функционирования СНММ.

е) В программном обеспечении СНММ реализуются меры по защите от ошибок при вводе и обработке информации, обеспечивающие заданное качество выполнения функций СНММ.

ж) Форма представления выходной информации СНММ согласуется с заказчиком (пользователем) системы.

8.2 Работы, выполняемые при создании системы непрерывного мониторинга моста

а) При разработке проекта СНММ выполняются следующие работы.

1) Сбор исходных данных об объекте мониторинга, условиях его эксплуатации, в т.ч. по проектно-исполнительной документации и непосредственно на мосту.

2) Проведение научно-исследовательских работ.

3) Разработка концепции мониторинга. Формулирование задач мониторинга. Определение номенклатуры измеряемых и контролируемых параметров. Разработка функциональной структуры СНММ. Разработка схем кабельных соединений СНММ. Принципиальные требования к устройствам сбора и обработки данных, условиям передачи информации и предоставления ее обслуживающему персоналу, коммуникационной схеме, программному обеспечению мониторинга и другим элементам. Используется опыт создания аналогичных или близких систем мониторинга на отечественных и зарубежных мостах.

4) Разработка и утверждение технического задания на создание СНММ (ТЗ на СНММ) в соответствии с ГОСТ 34.602-89.

6) Определение полной номенклатуры оборудования.

7) Разработка рабочих чертежей размещения средств мониторинга: первичных преобразователей, усилителей, контроллеров, кабельной системы, оборудования диспетчерской и другого оборудования, с привязкой к конструкциям и помещениям моста.

8) Расчетное (с использованием конечно-элементной модели) обоснование допусков изменения контролируемых параметров.

9) Сметные расчеты стоимости реализации системы мониторинга.

10) Разработка документации на СНММ в объеме, необходимом для описания полной совокупности принятых проектных решений и достаточном для дальнейшего выполнения работ по созданию СНММ. Виды документов — по ГОСТ 34.201-89.

11) Разработка решений по алгоритмам решений задач и применяемым языкам, по организации и ведению информационной базы, системе классификации и кодирования информации. Разработка программ и программных средств системы, выбор, адаптация и (или) привязка приобретаемых программных средств, разработка программной документации в соответствии с ГОСТ 19.101-77.

б) При проведении исследовательских работ при разработке проекта СНММ выполняются исследования с использованием пространственной конечно-элементной модели моста, в ходе которых:

- оценивается отклик конструкции на действие временных нагрузок: подвижных, температуры, ветра и пр. с определением диапазонов изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций моста;

- определяются динамические характеристики моста – основные формы и частоты свободных колебаний.

При необходимости выполняются другие исследования.

в) При вводе в действие СНММ выполняются следующие работы в соответствии с проектом СНММ.

- Подготовка объекта мониторинга к монтажу СНММ.
- Поставка оборудования.
- Монтаж средств мониторинга.
- Пусконаладочные работы.
- Подготовка персонала, обслуживающего СНММ.
- Проведение предварительных испытаний.
- Проведение опытной эксплуатации в течение 3 - 6 мес.
- Проведение приемочных испытаний.
- Передача СНММ в постоянную эксплуатацию.

г) Испытания СНММ производятся при вводе в эксплуатацию и периодически в процессе эксплуатации, в том числе путем проведения статических и динамических испытаний моста в соответствии со СНиП 3.06.07-86. Могут использоваться другие методы испытаний, в том числе методы активной вибродиагностики в соответствии с «Методическими рекомендациями по вибродиагностике автодорожных мостов». Испытательная нагрузка при испытаниях не создает усилий в любых элементах сооружения выше пределов, установленных в СНиП 3.06.07-86.

д) Организация, производящая ввод в действие СНММ, сопровождает работу СНММ в соответствии с гарантийными обязательствами и осуществляет послегарантийное обслуживание. Гарантийный срок эксплуатации СНММ – 12 мес со дня ввода системы в постоянную эксплуатацию.

8.3 Представление информации при работе системы непрерывного мониторинга моста

а) В ходе своей работы СНММ информирует персонал о текущем состоянии моста.

б) Оценка состояния моста производится с позиций требований действующих нормативных документов ОДН 218.0.017-03, ВСН 4-81 (90), СНиП 3.06.04-91, СНиП 3.06.07-86 по отдельным контролируемым параметрам и в целом по сооружению.

в) При оценке исправного состояния моста проверяется нахождение контролируемого параметра в пределах допусков,

которые задаются в проекте СНММ и могут быть уточнены в процессе опытной эксплуатации СНММ.

г) В качестве контролируемых параметров могут использоваться величины, получаемые прямыми измерениями или косвенно, на основании результатов прямых измерений других величин, функционально связанных с искомой величиной.

д) К числу контролируемых параметров, получаемых косвенно, можно отнести отклонение действительных перемещений (балансира в опорной части, наклона опор, пилона и т.п.) от теоретических значений, полученных исходя из температуры элемента или всего моста; весовую оценку транспортного потока, полученную из сигналов от датчиков, регистрирующих прогибы или деформации балки жесткости; оценку вероятности гололеда на ездовом полотне моста и т.п.

е) В случае обнаружения неисправности в работе моста СНММ указывает на элемент конструкции, в котором диагностируется дефект – на переместившуюся опору, заклиненный деформационный шов и т.п.

ж) При накапливании СНММ информации целесообразно выделение для длительного хранения существенных событий, возникающих при эксплуатации моста.

з) Информацию о событиях, выделенных для хранения, следует помещать в базу данных. Работа с базой данных обеспечивает возможность более глубокой аналитической обработки и проведение обобщающих исследований процессов эксплуатации моста, формирование отчетов о его работе и т.п.

и) При анализе событий, вызванных нахождением временных подвижных нагрузок на мосту, целесообразно иметь синхронизированные изображения, полученные от видеокамер, регистрируюших дорожную ситуацию на мосту.

к) Персонал получает информацию о текущем состоянии моста через станцию оператора – одну или несколько ЭВМ, на мониторах которых отображаются текущие значения прямых и косвенных параметров мониторинга, результаты оценки состояния моста.

9. Техника безопасности

а) Объем требований по технике безопасности при проведении работ на объекте, снаружи и внутри пролетных строений формируется в зависимости от видов выполняемых работ, типа и особенностей конструкции и включает:

1) Проработку технических и организационных решений по безопасности полевых изыскательских работ на этапе камеральной предпроектной подготовки, т.е. выбор средств и способов осмотра сооружения. Комплектацию страховочного снаряжения (одежду, веревки, карабины, лестницы в соответствии с ГОСТ 12.4.087-84, ГОСТ 12.4.107-82 и т.д.), подготовку договора-аренды (по необходимости) смотровой машины, медицинское освидетельствование участников высотных работ перед их началом.

2) Мероприятия по ограничению либо полному закрытию движения, или при ведении работ без ограничения движения предусматривают меры, исключающие наезд, возможность обрушения конструкций, поражения людей током, паром и т.п. от размещаемых на мосту инженерных коммуникаций в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004, ВСН 37-84.

б) Для обеспечения непосредственного доступа к конструкциям могут быть использованы имеющиеся на сооружении обустройства: смотровые ходы, переходные площадки, лестницы и т.п.

Для обеспечения доступа к конструктивным элементам при необходимости устраивают подмости, леса и площадки, настилы, люльки, приставные лестницы, стремянки, а также используют смотровые машины, вышки.

Перед началом работ все обустройства, обеспечивающие доступ к деталям и элементам конструкции, принимаются к использованию руководителем работ по мониторингу.

в) При выполнении работ на сооружении по мониторингу работники соблюдают требования нормативных документов (ГОСТ 12.0.004-90, СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002) по охране труда и технике безопасности.

г) Лица, проводящие работы в полевых условиях (на сооружении), проходят вводный (общий) инструктаж в отделе охраны труда предприятия, а также инструктаж непосредственно на объекте, проводимый уполномоченным лицом. Проведение инструктажа фиксируется в специальном журнале с росписью лица, проводившего инструктаж, и работника, прошедшего инструктаж.

д) Лица, проводящие обследование, используют необходимые защитные приспособления и спецодежду: защитные каски; предохранительные пояса с указанием места закрепления карабина и страховочных канатов (при необходимости); средства общего и индивидуального освещения места работ; спецодежду, не имеющую

болтающихся и свисающих частей во избежание зацепления с элементами конструкций, аппараты и приспособления для защиты глаз и дыхательных путей (маски, очки, респираторы, противогазы, т.п.), применяющиеся на данном объекте в соответствии с имеющимися вредными факторами.

е) Все работы по осмотру, обмерам и испытаниям конструкций на высоте более трех метров, как правило, проводят с подмостей. Выполнение этих работ без подмостей допускается только при невозможности их устройства, с применением предохранительных приспособлений (натянутых стальных канатов, страховочных сеток и т.д.) и монтажных поясов.

Ежедневно перед началом работ проводят проверку состояния лесов, подмостей, ограждений, люлек, лестниц; в случае их неисправности принимают необходимые меры по ремонту.

ж) Бригады, проводящие осмотры внутри балок пролетных строений, имеют в своем составе не менее трех человек с индивидуальными средствами связи (рации) и возможностью вызова (телефон, рации дальнего действия) средств аварийной и скорой помощи.

з) Работы внутри балок пролетных строений (на высоте) выполняют в светлое время суток.

и) При работах на проезжей части и на подходах соблюдают требования «Правил дорожного движения», ГОСТ Р 52289 - 2004, с использованием необходимых защитных жилетов, предупредительных знаков.

к) При необходимости размещения вспомогательных машин и механизмов на проезжей части пролетных строений извещают органы управления автомобильными дорогами, а также местные органы ГИББД.

л) Участники проведения высотных работ имеют медицинские справки о допуске к ним, страхуются от несчастного случая, и имеют полис медицинского страхования. Лица моложе 18 лет к работам не допускаются.

м) Требования безопасности при эксплуатации СНМСМ устанавливаются специальным разделом должностных инструкций и (или) инструкции по эксплуатации СНМСМ и имеют ссылки на инструкции по эксплуатации технических средств.

Ключевые слова: мост, мостовое сооружение, мониторинг состояния моста, мониторинг моста, эксплуатируемый мост, техническое состояние, безопасное состояние, контрольный мониторинг, периодический мониторинг, непрерывный мониторинг, система непрерывного мониторинга моста

Приложение А
(рекомендуемое)

Средства измерения при периодическом мониторинге (приборы, оборудование, методики)

А.1 Выполнение специальных инструментальных измерений при мониторинге пролетных строений может быть обеспечено следующими средствами измерения, приборами и оборудованием.

А.1.1 Линейные перемещения измеряют с помощью многочисленных датчиков в статическом и динамическом режимах:

- Оптоволоконные датчики деформаций с базой от 250 мм до 10000 мм разрешением $2*10^{-3}$ комплектуемые термопарами (рисунок А.1).

- Деформометры (статика), обеспечивающие определение величины относительной деформации с точностью до $20 \cdot 10^{-6}$. Например, деформометры базой измерения 500 мм с ценой деления индикатора 0,01 мм, диапазоном измерения 10 мм, или базой 300 мм с ценой измерения 0,001 мм диапазоном измерения 5 мм и др. Деформометры компенсируют собственные температурные деформации либо имеют малый коэффициент температурного расширения (рисунок А.2);

- Электрические датчики перемещений (статика, динамика)— индуктивные, оптоэлектронные, потенциометрические, струнные (рисунок А.3) и т.д., обеспечивающие определение величины относительной деформации с точностью до $20 \cdot 10^{-6}$ с соответствующей базой измерений, при этом следует учитывать влияние окружающей температуры на конструкцию датчика. Перспективность датчиков, возможность подключения беспроводных каналов передачи информации.

А.1.2 Угловые перемещения измеряют с помощью многочисленных датчиков в статическом и динамическом режимах, а также геодезическими методами:

- электронные угломеры с точностью снятия отсчета (статика) не менее $2,5\text{-}3,0 \cdot 10^{-5}$ радиан. Угол поворота определяют по тарировочной таблице, устанавливающей коэффициент преобразования фиксируемых прибором параметров для каждого датчика;

- электронные угломеры разрешением не менее 5"(угловых секунд) с возможностью использования беспроводных линий связи с близкими характеристиками измерений (рисунок А.4);

- системы ориентации (гирокомпасы);

- системы космической навигации для массивных вантовых сооружений разрешением до 10 мм.

А.1.3 Определения напряжений в бетоне.

Основу измерений составляют тензодатчики сопротивления с базой 50 мм и тензоизмеритель чувствительностью $1 \cdot 10^{-5}$ единиц относительных деформаций.

А.1.4 Динамические характеристики конструкции определяют по специальной методике[1] в диапазоне частот 1-500 Гц с помощью:

- современных электронных многоканальных виброанализаторов спектра, оснащенных акселерометрами, работающими одновременно в X,Y,Z плоскостях с начальным диапазоном измерений частоты не ниже 1 Гц;

- механического устройства «Гейгера», позволяющего фиксировать перемещения и динамику колебаний в двух плоскостях, но не одновременно.

А.2 Работы по факту раскрытия и замеру трещин в бетоне, линейных взаимных перемещений конструкции, деформаций и прогибов от временной нагрузки производят с помощью:

- электронных трещиномеров, работающих на принципах тензометрии разрешением $1*10^{-5}$, струнных, индуктивных и оптоволоконных датчиков с использованием проводной и беспроводной связи, монтируемых стационарно на объект при длительных наблюдениях и испытаниях (рисунок А.5);

- механических мерных щупов (шагом от 0,1 мм), накладных датчиков, маячков и эталонных трафаретов ширины раскрытия трещин;

- механических индикаторов часового типа ценой деления 0,01-0,001 мм с удлиняющей базой от 100 мм;

- вихретоковых дефектоскопов для работы на металле разрешением раскрытия трещин от 0,02 мм и определением глубины дефекта;

- ультразвуковых толщиномеров и дефектоскопов для работы на металле, особенно при одностороннем доступе, разрешением от 0,1 мм до 300 мм;

- вихретоковых толщиномеров лакокрасочного покрытия металлов разрешением от 0-1000 мкм;

- электропроводных мастик, наносимых в местах развития трещин для фиксации их раскрытия с передачей сигнала по линиям связи.

А.3 Контроль геометрического очертания конструкции и проезжей части выполняют при мониторинге обычными средствами либо с помощью средств электроники, используемых при обследовании мостовых сооружений:

- лазерных сканеров для дистанционной теодолитной съемки объектов по установленным маркам разрешением 5 мм и программным обеспечением, позволяющим строить трехмерные модели;

- оптических теодолитов разрешением от 1" и электронных тахеографов, совмещающих в себе функции нивелиров, теодолитов и дальномеров с программным обеспечением, для построения профилей по измеренным значениям;

А.4 Для определения температуры с точностью 0,5 ^{0}С и влажности конструкции и воздуха помимо обычных средств измерений, термометров и психрометров рекомендуется использовать:

- электротермометры, термопары, пирометры и таблетки-термографы энергонезависимые с накоплением в автоматическом режиме по заданной программе опроса до 2000 значений, влагомеры (с периодическим снятием отсчетов или с накоплением информации, а также с обработкой и передачей информации на контрольный пункт);

- тепловизоры с разрешением 0,1^{0}С, которые при доработке методик позволят выявлять ослабленные узлы болтовых соединений в динамике нагружения транспортными потоками за счет перепада температур, дистанционным бесконтактным методом сканированием теплового поля в компьютере; в движении фиксировать места протечек гидроизоляции в автоматическом режиме.

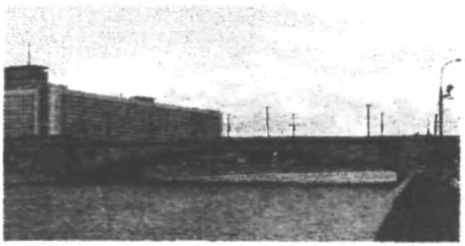
А.5 Для контроля длительных деформаций материала используются линейные датчики фотоупругости и прибор съема показаний.

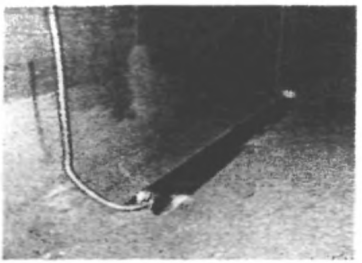
А.6 Для определения линейных перемещений конструкции под действием транспортных потоков используются датчики акселерометры с вторичными приборами преобразования в перемещение по 3 осям, увязанные и с системой распознавания образов.

А.7 Работы для выявления трещин на ранних стадиях формирования, их нарастания в металле и бетоне выполняются при помощи методов акустической эмиссии ГОСТ 27655-88, NDIS 2421, «Требования к техническим средствам и системам комплексного обеспечения безопасности, автоматизации и связи многофункциональных высотных зданий и комплексов», «A Proposed Standard for Evaluating Structural Integrity of Reinforced Concrete Beams by Acoustic Emission», (прибор «Лель –M/A-Line32D»и др.).

А.8 *Оценка состояния материала конструкции* и арматуры выполняется неразрушающими методами (рисунок А.6, рисунок А.7):

- марочную прочность бетона на сжатие, как правило, оценивают по методу отскока с помощью молотков «Шмидта», методом отрыва штампов и вырыва и путем отбора кернов из конструкции с испытанием их в лабораторных условиях;
- толщину защитного слоя бетона оценивают приборами поиска арматуры в диапазоне до 120 мм;
- степень коррозии арматуры в бетоне оценивают по методу потенциалов с помощью специального оборудования и по специальным методикам DGZ B3, ASTMC 876-80, BS 1881 Part 201;
- степень глубины разрушения цементного камня, т.е. карбонизации, оценивают на месте, например, путем нанесения химического водно-спиртового 1%-ного раствора фенолфталеина. Изменение окраски свежего скола бетона от розового цвета до отсутствия окраски характеризует глубину карбонизации защитного слоя арматуры;
- прочностные показатели металла оценивают с помощью специального диагностического оборудования, например, ультразвуковыми и динамическими твердомерам ASTM-A956-96. В последнее время появились переносные приборы для оценки состава металла по спектральному анализу.





Установка сенсора с термопарой на опоре моста

Рисунок А.1 Опыт применения оптоволоконных датчиков для мониторинга Большого Москворецкого моста

Система оптоволоконного мониторинга

Датчики нечувствительны к воздействию температуры, электромагнитных полей, коррозии. Датчики можно замоноличивать в конструкцию или устанавливать на ее поверхности. Автоматическое и дистанционное управление, возможности интеграции с аналоговыми системами сбора информации (термопары, тензометры и пр.).

Возможности системы:

Разрешающая способность: 2 микрона (2/1000 мм) независимо от длины датчика.

Точность: выше чем 0,2% измеренной деформации.

Максимальная длина кабеля: до 5 км.

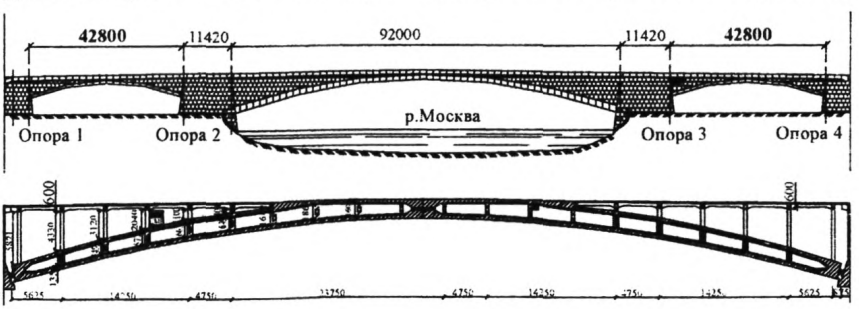
Время измерений: менее 7 с для каждого датчика.

Калибровка: не требуется.

Максимальное число датчиков: неограниченно.

Вместимость накопительного устройства: приблизительно 20000 измерений.

На объекте было установлено 22 датчика (16 датчиков с длиной активной зоны 6 м и 6 термопар). Датчики располагали в центральном русловом пролете моста. Схема установки датчиков приведена на рисунке.



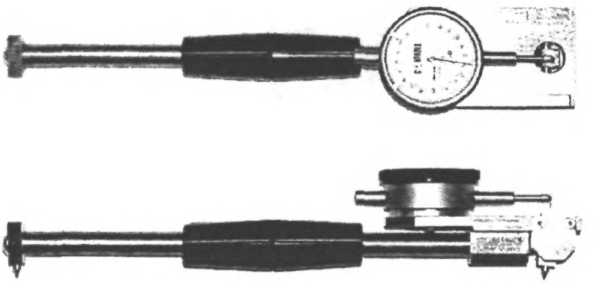
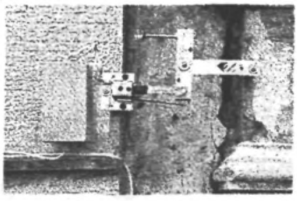


Рисунок А.2. Деформометр, база измерения 300 мм

а)



б)



в)



Рисунок А.3. Датчики длительного наблюдения, раскрытия трещин в конструкции и угломеры:
а – датчики перемещений; б – датчик раскрытия трещин с радиоканалом (база измерений 50÷100 мм, разрешение 0,025% от базы+, погрешность ±0,2% от базы , температурный эффект 0,02 мм/^{0}C); *в* – датчик угла наклона с радиоканалом (диапазон ±3^0, ± 10^0, разрешение 1 с)

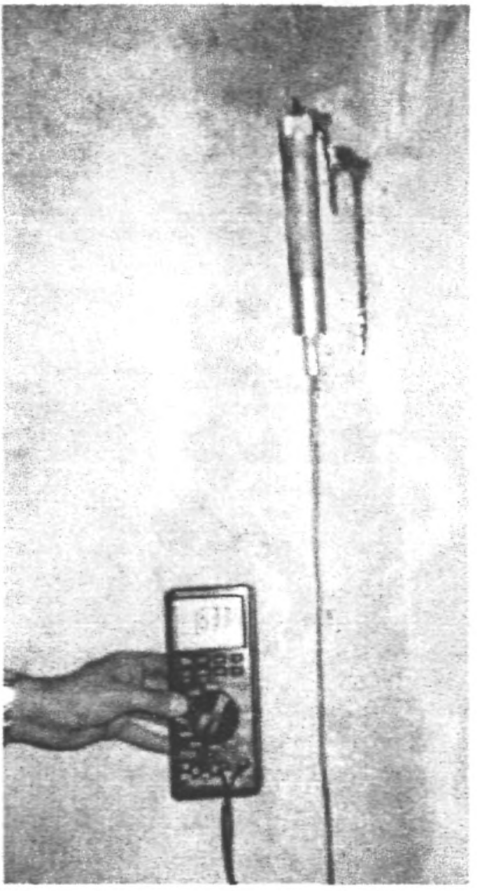
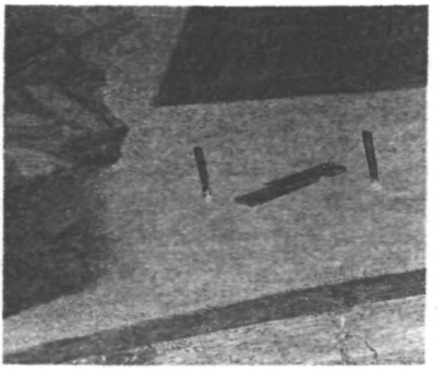
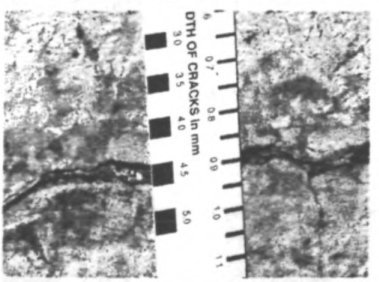


Рисунок А.4. Электронный угломер с точностью снятия отсчета (статика) не менее 2,5-3,0 • 10^{-5} радиан, разрешением не менее 5" (угловых секунд)

а)



б)



в)



Рисунок А.5. Датчики контроля раскрытия трещин:
а – механический датчик контроля раскрытия трещин (диапазон измерения 4 мм, шаг 0,2 мм, разрешение до 0,02 мм); б – шаблон для оценки раскрытия трещин; в – оптоволоконный датчик на трещине в своде Благовещенского собора Московского Кремля (база измерения 250 мм, разрешение 0,002 мм,относительная деформация $8*10^{-6}$)



Рисунок А.6. Приборы неразрушающего контроля железобетонных конструкций:
а – твердомер по металлу; б – измеритель степени коррозии арматуры; в – измеритель прочности бетона на сжатие



ИНТРОС объективно определяет и регистрирует состояние канатов:

- *измеряет относительную **ПОТЕРЮ СЕЧЕНИЯ** канатов круглого сечения, плоских и резинотросовых канатов*
- *обнаруживает **НАРУЖНЫЕ И ВНУТРЕННИЕ** локальные дефекты в виде обрыва проволок и пятен коррозии*

Благодаря дефектоскопии своевременная замена каната по фактическому состоянию позволяет снизить:

- *риски эксплуатации потенциально опасных промышленных объектов*
- *экономические потери от преждевременной замены годного каната*



Рисунок А.7. Устройство для дефектоскопии канатов

Приложение Б
(рекомендуемое)

Проведение инструментальных измерений при периодическом мониторинге

В приложении приведены рекомендации по проведению инструментальных измерений применительно к видам работ, выполняемых при мониторинге (см. раздел 7). При этом не исключены другие методы и технологии проведения инструментальных измерений, обеспечивающих решение задач мониторинга.

Б.1 При осмотре выполняют инструментальные измерения обнаруженных дефектов: площади протечек, нарушение защитного слоя, сетки трещин, длины и ширины раскрытия трещин. Для измерений используют стальные линейки, штангенциркули, мерные шаблоны, щупы и другие средства измерения. Для наблюдения за развитием трещины, кроме того, устанавливают «маячки». Эти виды работ выполняются при обследовании (диагностике) сооружений и не являются специальными.

Б.2 Измерение толщин деталей и элементов металлоконструкций в местах, где измерения линейкой, штангенциркулем, шаблоном не могут быть выполнены, осуществляют приборами УЗК (ультразвукового контроля). При этом выполняют зачистку поверхности металла (с двух сторон) от краски и продуктов коррозии, калибровку прибора на соответствующую марку (тип) металла, корректировку режима калибровки в местах, где доступно непосредственное измерение толщины, например, штангенциркулем, шаблоном. Измерения прибором выполняют не менее 3 раз, а при отклонении от средней величины более чем на 15% повторяют измерения.

Б.3 Прочностные характеристики бетона (марку бетона) определяют, как правило, неразрушающими методами (СНиП 2.03.01-84*), например, с использованием молотка «Шмидта». При этом на защитной поверхности бетона (15х15см) замеры выполняют в 3 серии по 10 «ударов» молотком.

В необходимых случаях прочность бетона определяют в лаборатории при испытании на прессе образцов, взятых из бетона конструкций (ГОСТ 28570—90,ГОСТ 22690—88). Отбор кернов осуществляют буровой установкой с использованием кольцевых коронок. В лабораторных условиях из кернов готовят образцы стандартных размеров для испытания.

Б.4 Толщину защитного слоя бетона определяют измерителями толщины защитного слоя с предварительной зачисткой поверхности (снятие цементного «молока»).

Б.5 Глубину карбонизации бетона определяют по внутренней поверхности отверстий диаметром 10-12 мм, пробуренных в бетоне на глубину защитного слоя. Измерения выполняют в местах, внешне неблагополучных (например, увлажненные, со следами выщелачивания и т.п.)

Б.6 Содержание хлоридов в бетоне определяют по образцам (пробам), взятым при бурении скважин диаметром 10÷18 мм. При этом отбор проб осуществляют в местах, внешне неблагополучных, на глубину защитного слоя бетона.

Работы выполняют в соответствии с действующими методиками (Методика определения содержания хлоридов в железобетонных конструкциях мостовых сооружений).

Б.7 Физико-механические характеристики металла определяют по образцам, отобранным с соответствующих исследуемых конструкций.

При этом используют стандартные методики определения марки металла, предела прочности и текучести, относительного изменения, ударной вязкости, свариваемости (ГОСТ 22536.0—87, ГОСТ 18895—97, ГОСТ 1497—84, ГОСТ 1759.0, ГОСТ 6996—66*, ГОСТ 12004—81*, ГОСТ 14098—91, ОСТ 7564—97).

Для неразрушающего контроля твердости металла используют твердомеры.

Б.8 Наблюдения за взаимным положением сопрягаемых элементов осуществляют с использованием обычных средств измерения (линеек, штангенциркуля, шаблонов). Особый интерес представляют элементы мостового сооружения, работающие как

механизмы: деформационные швы и опорные части. Например, в опорных частях фиксируют их положение относительно подферменников опор и балок пролетных строений, смещение опорных частей, наклон валков, выпирание резины и т.п. Для измерения перемещений в швах заделывают марки в сопрягаемые элементы балок в зоне опорных частей и конструкций деформационных швов.

Б.9 Наблюдения за изменением геометрического очертания балок пролетных строений и опор выполняют геодезическими инструментами по маркам, установленным в характерных местах конструкции. В отличие от геодезических работ, выполняемых при обследовании сооружений, марки устанавливают в местах, где они не могут быть нарушены при ведении работ по содержанию сооружений. Марки могут быть заделаны в бетон, приклеены к материалу или нанесены краской. Например, для контроля вертикальных перемещений марки для нивелирования в балках открытого профиля устанавливают на нижнем поясе, для коробчатых сечений – на верхней плите внутри коробки.

Для контроля смещений элементов в горизонтальной плоскости (теодолитной съемкой) марки могут быть установлены в узлах панелей ферм и на средних участках соответствующих раскосов и поясов, в местах верхнего и нижнего поясов балок и на участках сплошной стенки.

Для выявления смещений опор в горизонтальной плоскости марки устанавливают в верхней и нижней частях тела опоры (стойки) по возможности на обеих противоположных гранях.

Б.10 Наблюдения за угловыми перемещениями проводят по установленным в конструкции электронным угломерам (датчикам). Снятие отсчетов осуществляют с помощью периодически подключаемого измерительного блока. Датчики устанавливают в характерных местах, где угловые перемещения наибольшие (в подопорных участках балок, в верхней части опор). Датчики (угломеры) устанавливают на шпильки, заделанные в бетоне или металле (например, клеем), прибор фиксируют на шпильке клеем с регулировкой его положения (нейтрального) измерительным блоком. Базовый отсчет выполняют после отверждения клея.

Б.11 Измерение температуры элементов сооружения выполняют приборами контактного измерения (пирометрами, электротермометрами) или датчиками, заделываемыми в материал конструкции (термопарами, датчиками «Боттон» и т.п.). Датчики устанавливают в сечениях конструкции, позволяющих выявить среднюю температуру балок пролетных строений, элементов поперечного сечения пролетных строений, материала непосредственно в местах, где измеряют деформации материала и т.п.

Датчики заделывают в скважинах бетона или плотно фиксируют на поверхности материала термопастой или механическими зажимами. При использовании зажимов в материале заделывают анкерные дюбели. Измерения температуры термопарами выполняют периодически подключением измерительного прибора. Датчик «Botton» сохраняет информацию о температуре и влажности. Для считывания данных датчик демонтируют и устанавливают в считывающее устройство.

Б.12 Измерения длительных деформаций материала конструкции выполняют с использованием оптоволоконных датчиков, электрических датчиков сопротивления, деформометров и др.

Оптоволоконные датчики закрепляют по концам базы измерения вдоль защитной поверхности материала (без выступов и наплывов). Для крепления датчиков в материале конструкции заделывают анкеры.

Электрические датчики сопротивления приклеивают по всей предварительно зачищенной поверхности материала.

Для деформометров в материале конструкции заделывают или наклеивают специальные марки, устанавливаемые по шаблону для обеспечения точной установки деформометров, имеющих фиксированную базу измерения.

Б.13 Жесткостные характеристики конструкции определяют от устанавливаемой нагрузки, проводимой периодически при длительных наблюдениях. Применение механических тензометров, индикаторов, прогибомеров не отличается от их использования при испытаниях мостовых сооружений.

Б.14 Динамические характеристики конструкции определяют по методике «Методические рекомендации по вибродиагностике автодорожных мостов».

Б.15 Для определения напряжений в бетоне методом «разгрузки» используют следующие приборы и оборудование:

- измеритель деформаций;
- молоток «Шмидта» – измеритель прочности бетона;
- измеритель толщины защитного слоя бетона и определитель местоположения арматуры в бетоне;
- «пистолет» горячего воздуха – для сушки бетона при наклейке датчиков;
- шлифовальная машинка – для зачистки поверхности бетона;
- стабилизатор напряжения;
- подмости;
- оборудование для резки бетона с алмазным диском;
- тензодатчики;
- специальные клеи для наклейки тензодатчиков;
- электростанция мощностью 2,2 кВт.

Разметку локальных мест наклейки датчиков проводят на поверхности бетона, исключая места расположения арматуры, определяемые измерителем толщины защитного слоя на площади примерно 50х30 см.

Поверхность бетона зачищают от наплывов и цементного молока.

На зачищенной бетонной поверхности блока в местах, где отсутствовали трещины и раковины, шлифовальным камнем готовят не менее 6 площадок бетона на площади примерно 10х4 см под наклейку тензодатчиков.

Готовые площадки повторно проверяют на наличие раковин и трещин, открывающихся по мере зачистки бетона, и из них выбирают окончательно рабочие площадки под наклейку датчиков. При выявлении сплошных дефектных участков все операции по подготовке поверхности повторяют на новом месте.

В каждой точке измерения накладывают не менее 3 тензодатчиков в направлении действия нормальных напряжений и 3 датчиков в перпендикулярном направлении.

Наклейка датчиков проводится при помощи клея, время схватывания и выдержки клея не менее 60 мин.

Перед разгрузкой части удаленной бетонной конструкции с наклеенными тензодатчиками (далее – «фрагмент» бетона) осуществляют замер показаний. После стабилизации показаний измерителя деформаций по периметру («вокруг») датчиков делают прорези алмазным диском и удаляют «фрагмент» бетона с наклеенным на него датчиком. Тем самым «фрагмент» освобождается от усилий, воспринимаемых им в конструкции, и возникающие деформации соответствуют этим усилиям.

Снятие отсчетов (показаний) с тензодатчиков выполняют после устройства прорезей и после удаления «фрагмента» бетона из конструкции (полной разгрузки) и принятия им в обоих случаях *температуры окружающего воздуха.*

Для измерения деформаций бетона используют прибор с чувствительностью измерения деформаций в относительных единицах не ниже $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ и дрейфом «нуля» $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ отн. ед. Длина базы принята не менее 50 мм как максимально возможная по технологическому оснащению и реализации определения упругих деформаций (напряжений) методом разгрузки. Таким образом, точность измерения напряжений бетона соответствует точности измерения деформаций, составляющей $\pm 3 * 10^{-5}$ в отн. ед.

Напряжения в бетоне определяют по формулам (1), (2) и (3) для плоского напряженного состояния.

Для определения напряжений принимают модуль упругости, соответствующий проектной марке бетона балки по СНиП 2.05.03-84* или по марке бетона, определенной при натурных измерениях.

Для линейного напряженного состояния бетона напряжения определяют по формуле

$$\sigma_1 = E \cdot \varepsilon_1, \qquad (1)$$

для плоского напряженного состояния – по формулам:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_1 + \mu \cdot \varepsilon_2), \qquad (2)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_2 + \mu \cdot \varepsilon_1), \qquad (3)$$

где m – коэффициент Пуассона (для бетона m=0,16÷0,20);

E – модуль упругости;

ε_1 и ε_2 – замеренные величины относительных деформаций в направлении σ_1 и σ_2 (деформации растяжения вводят со знаком плюс, сжатия – со знаком минус);

σ_1 и σ_2 – главные напряжения по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Содержание

1 Область применения 3
2 Термины и определения 3
3 Нормативные ссылки 5
4 Виды, задачи и объекты мониторинга 8
5 Организация работ по мониторингу 9
6 Средства мониторинга 11
7 Периодический мониторинг 11
7.1 Виды работ, выполняемых при мониторинге 11
7.2 Особенности организации системы мониторинга и анализа результатов измерений с оценкой технического состояния 13
7.3 Документация по мониторингу 18
8 Особенности организации непрерывного мониторинга моста 20
8.1 Система непрерывного мониторинга моста 20
8.2 Работы, выполняемые при создании системы непрерывного мониторинга моста 20
8.3 Представление информации при работе системы непрерывного мониторинга моста 22
9 Техника безопасности 23
Ключевые слова 26
Приложение А 27
Приложение Б 37

Подписано в печать 1.10.2008 г. Формат бумаги 60х84 1/16.
Уч.-изд.л. 2,6. Печ.л.2,9. Тираж 400. Изд. № 976. Ризография № 484.

Адрес ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР":
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, стр. 1
Тел. (495) 747-9100, 747-9105, тел./факс: 747-9113
E-mail: gost.e-ecolog.ru
Сайт: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru