
**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП XXX.XXXXX.XXXX

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ
ПРОЕКТ. ПЕРВАЯ РЕДАКЦИЯ**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва 2015

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН АО «Научно-исследовательский институт
транспортного строительства» (АО ЦНИИС)

2 ВНЕСЕН Федеральным автономным учреждением «Федеральный
центр Нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в
строительстве» (ФАУ «ФЦС»).

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет.

Содержание

Введение	
1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения	
4 Общие положения.....	
4.1 Цели и задачи мониторинга.....	
4.2 Концепция мониторинга.....	
5 Виды мониторинга.....	
6 Состав работ по мониторингу. Этапы мониторинга.....	
7 Архитектура систем мониторинга и технические требования к аппаратурному и программному обеспечению.....	
7.1 Надежность системы мониторинга.....	
7.2 Конструктивные требования к датчикам, периодичность измерений.....	
8 Постоянный мониторинг.....	
9 Периодический мониторинг	
10 Специальные виды мониторинга.....	
10.1 Мониторинг на время строительства.....	
10.2 Геотехнический мониторинг в зоне влияния строительства.....	
10.3 Вибродинамический мониторинг.....	
10.4 Мониторинг ограждающих конструкций.....	
11 Аппаратурное обеспечение мониторинга.....	
11.1 Состав приборов и оборудования.....	
11.2 Требования к приборам.....	
12 Компьютерное моделирование как составная часть мониторинга..	
12.1 Задачи компьютерного моделирования для мониторинга.....	
12.2 Требования к разработке компьютерной модели.....	
12.3 Назначение предельных значений-критериев работы конструкций.....	
13 Анализ данных, получаемых в процессе мониторинга.....	
13.1 Первичная обработка данных мониторинга.....	
13.2 Обработка и передача данных службам Заказчика.....	
13.3 Хранение данных мониторинга, формат данных.....	
14 Регламент действий диспетчерских служб.....	
14.1 Требования к способам оповещения о возникновении нештатных и аварийных ситуаций.....	
14.2 Порядок действий в штатном режиме.....	
14.3 Порядок действий при возникновении нештатных ситуаций...	

СП ХХХ.ХХХХХ.ХХХХ

проект, 1-я редакция

14.4 Порядок действий при авариях.....

15 Техника безопасности при мониторинге.....

Приложение А (обязательное) Нормативные ссылки.....

Приложение Б (обязательное) Термины и определения.....

Приложение В (справочное) Пример программы мониторинга.....

Приложение Г (обязательное) Проведение динамического
мониторинга.....

Введение

Настоящий свод правил составлен с целью повышения уровня безопасности людей на сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", повышения уровня гармонизации нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами, применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки. Учитывались также требования Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и сводов правил системы противопожарной защиты.

Свод правил содержит нормы по мониторингу новых и реконструкции существующих мостовых сооружений и труб под насыпями.

Работа выполнена авторским коллективом: ОАО "ЦНИИС" (д-р техн. наук А.А. Цернант; кандидаты техн. наук И.В. Лищишин, Н.В. Илюшин, Ю.В. Новак, Ю.М. Егорушкин, инженеры С.С. Тюник, Р.И. Рубинчик, Н.Ю. Новак) при участии: ЗАО «Институт ИМИДС» (д-р техн. наук А.И. Васильев, инж. А.В. Лысенков), МАД ГТУ - МАДИ (канд. техн. наук Ш.Н. Валиев, доц. В.Н. Кухтин), ООО "Союздорпроект" (инженер Ф.В. Винокур), ФГУП "РОСДОРНИИ" (д-р техн. наук В.И. Шестериков), МИИТ (канд. техн. наук Матвеев), ОАО "ВНИИЖТ" (канд. техн. наук А.А. Дорошкевич), ООО «Следящие системы» (канд. техн. наук Е.И. Павлов), УЦ МЧС «Базис» (канд. техн. наук Клецин В.И.).

СВОД ПРАВИЛ

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Monitoring of bridges

Дата введения _____

1 Область применения

Настоящий документ распространяется на мониторинг новых и реконструируемых постоянных мостовых сооружений, включая мосты, путепроводы, эстакады, скотопрогоны, виадуки (далее - мосты) и труб:

на автомобильных дорогах, включая внутрихозяйственные дороги сельскохозяйственных и промышленных предприятий, на улицах и дорогах населенных пунктов;

на железных дорогах колеи 1520 мм при движении пассажирских поездов со скоростями до 200 км/ч, линиях метрополитена и трамвая;

на дорогах под совмещенное движение транспортных средств - автомобильных и поездов железных дорог, трамваев и метрополитена;

на пешеходных дорогах;

Данные нормы не распространяются на мониторинг:

подходы и регулиционные сооружения;

механизмов разводных пролетов мостов;

мостов и труб на внутренних автомобильных дорогах лесозаготовительных и лесохозяйственных организаций, не выходящих на сеть дорог общего пользования и к водным путям;

галерей, конструкций для пропуска селей, служебных эстакад;

коммуникационных мостов, не предназначенных для пропуска транспортных средств и пешеходов.

Задачи приоритетного развития инфраструктуры больших городов, строительство высокоскоростных магистралей создают условия к росту строительства мостов, путепроводов и эстакад, в том числе в условиях плотной городской застройки (города с населением более 500 тыс. чел). Существующая тенденция применения современных технологий, увеличивающаяся скорость строительства, использование новых материалов (высокопрочные бетоны, углепластики, стабилизированная проволока и др.) требуют непрерывного контроля и надзора за строительством и последующей эксплуатацией.

Этим процессом должна управлять автоматизированная система мониторинга строительных сооружений (АСДМ – СМИК «автоматизированная система деформационного мониторинга – система мониторинга инженерных конструкций»).

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на нормативные документы, приведенные в приложении А.

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим сводом правил следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем нормативном документе использованы следующие термины с соответствующими определениями, приведенные в приложении Б.

4 Общие положения

4.1 Цели и задачи мониторинга

Мониторинг – это технология информационного обеспечения принятия решений по управлению параметрами состояния мостового сооружения на всех стадиях жизненного цикла, реализуемая посредством систематического или периодического слежения (наблюдения) за деформационно-напряженным состоянием конструкций или деформациями мостовых сооружений (мостов) в целом или отдельными наиболее ответственными элементами, за состоянием грунтов, оснований и подземных вод в зоне строительства, своевременной фиксации и оценки отступлений от проекта, требований нормативных документов, сопоставления результатов прогноза взаимного влияния объекта и окружающей среды с результатами наблюдений с целью оперативного предупреждения или устранения выявленных негативных явлений и процессов. Мониторинг может являться составной частью работ по Научно-техническому сопровождению строительства мостов.

4.2 Концепция мониторинга

Обязательно требуется выполнение мониторинга для следующих мостовых сооружений:

а) Большепролетные мосты – один из пролетов которого составляет более 100 метров;

б) Мосты с опорами высотой более 15 м;

в) Мосты, на которые в проектной документации предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- использование конструкций и конструктивных систем, требующих применения нестандартных методов расчета либо разработки специальных методов расчета, либо требующих экспериментальной проверки на физических моделях, а также применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;

- заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров (пилоны вантовых и висячих мостов);

- мосты, построенные как экспериментальные, в том числе из новых материалов или с применением новых технологий.

г) Мосты в условиях плотной городской застройки при расположении конструктивных элементов ближе 20,0 метров от существующих зданий и сооружений.

д) Многофункциональные мосты с расположением на них офисных, торгово-развлекательных комплексов и т.п. с максимальным расчетным пребыванием более 100 человек внутри объекта (пешеходные мосты) или более 10000 человек вблизи объекта (в черте города).

Необходимость проведения мониторинга мостовых сооружений определяется генеральным проектировщиком, органами экспертизы проекта, генеральным подрядчиком или заказчиком.

Выбор организации "Исполнителя работ по мониторингу" осуществляется заказчиком строительства, или генподрядчиком, или управляющей компанией.

Мониторинг технического состояния мостов разрешается проводить только специалистами специализированных организаций, оснащенных современной приборной базой и имеющих в своем составе высококвалифицированных и опытных сотрудников.

Финансирование работ по мониторингу должно быть предусмотрено в смете на проектирование и строительство (реконструкцию) объекта. Стоимость данных работ должна составлять не менее 2% от сметной стоимости.

Положения данного СП распространяются на объекты транспортного строительства.

5 Виды мониторинга

Виды мониторинга состояния моста систематизируются по следующим основным признакам:

- по назначению;
- по форме предоставления информации в течение времени (по длительности).

По назначению мониторинг может быть исследовательским или контрольным.

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.

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.

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

При выборе системы наблюдений учитывают цель проведения мониторинга, а также скорости протекания процессов и их изменение во времени, продолжительность измерений, ошибки измерений, в том числе за счет изменения состояния окружающей среды, а также влияния помех и аномалий природно-техногенного характера.

Методика и объем системы наблюдений при мониторинге, включая измерения, должны обеспечивать достоверность и полноту получаемой информации для подготовки исполнителем обоснованного заключения о текущем техническом состоянии объекта (объектов).

В ходе длительных наблюдений и при изменении внешних условий необходимо обеспечить учет изменения условий и компенсационные

поправки (температурные, влажностные и т.п.) для измерительных устройств.

В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем техническом состоянии сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период.

Первоначальным этапом мониторинга технического состояния мостов, является обследование их технического состояния. На этом этапе устанавливают категории технического состояния сооружений, фиксируют дефекты конструкций, за изменением состояния которых (а также за возникновением новых дефектов) будут осуществляться наблюдения при мониторинге.

В случае получения на каком-либо этапе мониторинга данных, указывающих на ухудшение технического состояния всей конструкции или ее элементов, которое может привести к обрушению сооружения, организация, проводящая мониторинг, должна немедленно информировать о сложившейся ситуации, в том числе в письменном виде, собственника объекта, эксплуатирующую организацию, местные органы исполнительной власти, территориальные органы ведомства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий техногенного воздействия.

6 Состав работ по мониторингу. Этапы мониторинга

Объем работ по мониторингу определяется "Программой", составляемой в соответствии с требованиями проекта, нормативных документов и настоящим сводом правил.

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.

Требования к проекту непрерывного мониторинга даются в разделе 8.

Вопросы организации работ по мониторингу регулируют в рамках договора. Доступ к элементам конструкций моста обеспечивает Заказчик.

В составе работ по мониторингу следует выделять следующие этапы:

- Первый этап мониторинга включает проведение детального обследования технического состояния мостов, проводимого в соответствие с СП79.13330.

- Второй этап – разработка детальной Программы мониторинга, которая разрабатывается Исполнителем и утверждается Заказчиком.

- Третий этап – монтаж необходимого оборудования.

- Четвертый этап мониторинга – калибровка установленного оборудования.

- Пятый этап – проведение мониторинга.

- Шестой этап – анализ результатов, передача Заказчику.

- Седьмой этап (при необходимости) – демонтаж оборудования.

При выполнении работ по обследованию и мониторингу технического состояния объектов соблюдают требования техники безопасности в соответствии с разделом 15.

Заключения по итогам проведенного обследования технического состояния сооружений или этапа их мониторинга подписывают непосредственно исполнители работ, руководители их подразделений и утверждают руководители организаций, проводивших обследование или этап мониторинга.

7 Архитектура систем мониторинга и технические требования к аппаратурному и программному обеспечению

Архитектура системы мониторинга – фундаментальная организация системы, реализованная в ее компонентах, их взаимодействии между собой и с окружающей их средой, а также принципы управления проектированием и развитием системы.

При выборе архитектуры системы мониторинга должны учитываться вид мониторинга, количество и состав контролируемых параметров, взаимное расположение и удаленность мест измерений, скорости протекания отслеживаемых процессов и их изменение во времени, продолжительность измерений, ошибки измерений (в том числе за счет изменения состояния окружающей среды, а также влияния помех и аномалий природного и техногенного характера), требования к получаемым данным, регламент действий диспетчерских служб, а также дополнительные требования технического задания.

Структура системы мониторинга должна быть приспособлена к последующему изменению и развитию в пределах требований, указанных в техническом задании на мониторинг. Возможное изменение не должно нарушать штатный режим работы системы или ее компонентов.

Архитектура должна обеспечивать возможность быстрого восстановления установленного объема функций системы мониторинга при непредусмотренных регламентом нормальной работы неблагоприятных воздействиях внешней среды (в том числе преднамеренных действий человека) в заданных в техническом задании пределах.

Выбор и детальная проработка архитектуры системы мониторинга должны осуществляться на этапе разработки программы (проекта) мониторинга.

Описание выбранного варианта архитектуры системы мониторинга должно быть отображено в программе (проекте) мониторинга. Описание может включать:

- структурную схему системы в целом и, в случае многоуровневой системы, ее отдельных уровней;
- перечень измерительного оборудования (определяемый составом измеряемых величин);
- перечень телекоммуникационного оборудования;

- перечень аппаратно-программных средств, с помощью которых осуществляется обработка, отображение и хранение информации;
- информация о возможностях, связанных с изменением системы (добавлением новых датчиков, приемо-передающих устройств, модернизацией программного обеспечения и т.д.).

7.1 Надежность системы мониторинга

Надежность системы мониторинга (в том числе надежность данных, полученных в результате мониторинга) должна обеспечиваться выполнением отдельных или всех положений следующего перечня:

- дублирование датчиков (первичных измерителей);
- дублирование каналов связи;
- контроль различных (в том числе взаимосвязанных) параметров сооружения;
- применение специальных конструктивных решений (защитные кожухи, способы крепления и т.п.);
- наличие возможности автоматической остановки рабочих процессов, экстренного оповещения диспетчера о нештатной ситуации, сигнализации и т.п.;
- минимизация количества элементов системы, наиболее подверженных повреждению вследствие нахождения в зоне производства работ;
- минимизация использования способов измерения и получения информации, для выполнения которых требуется вмешательство человека (измерение с помощью ручных деформометров, визуальная фиксация измеренных значений с последующим занесением оператором значений в базу данных и т.п.);
- применение дополнительных требований к программному обеспечению (резервное копирование баз данных, автоматическое восстановление системы после сбоя и т.п.);

– применение реализованной с помощью аппаратно-программных средств диагностики работы оборудования и выдача предупреждающих сигналов диспетчеру в случаях обнаружения неполадок в системе.

Мероприятия, направленные на повышение надежности, должны быть сформулированы в программе (проекте) мониторинга.

Срок службы системы мониторинга должен составлять не менее 5 лет с учетом замены неисправных и выработавших свой ресурс элементов. Гарантийный срок – 12 месяцев с момента ввода в эксплуатацию. Данные сроки могут быть изменены в техническом задании на систему мониторинга.

7.2 Конструктивные требования к датчикам, периодичность измерений

Выбор конкретного состава оборудования системы мониторинга должен производиться с учетом архитектуры системы мониторинга. Сведения о марках и типах применяемого оборудования должны быть отражены в программе (проекте) мониторинга.

В состав системы мониторинга должны входить запасные части, инструменты и принадлежности (комплекты ЗИП) в объеме, установленном в техническом задании на мониторинг.

В программе (проекте) мониторинга необходимо предусматривать меры по защите оборудования и линий связи в период их эксплуатации от пыли, влаги, интенсивного электромагнитного излучения (в случае необходимости) и случайных механических повреждений. Классификация степеней защиты должна осуществляться в соответствии с ГОСТ 14254.

В случаях установки системы мониторинга (или ее отдельных элементов) в местах доступных посторонним лицам в проекте (программе) мониторинга необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению сохранности оборудования и линий связи от вандализма и хищения. Ответственность за сохранность оборудования должна устанавливаться в договоре между исполнителем и заказчиком.

При разработке конструктивных решений по монтажу оборудования и линий связи на эксплуатируемых мостах необходимо учитывать возможное наличие предусмотренных в проекте моста специальных закладных деталей, отверстий, ниш, уступов, тумб и т.п., предназначенных для установки элементов системы мониторинга.

Места расположения оборудования и линий связи необходимо выбирать с учетом возможности доступа к ним обслуживающего персонала системы мониторинга (за исключением случаев, когда датчики заложены непосредственно в «тело» элемента конструкции и т.п.).

Способы крепления датчиков на конструкциях моста должны обеспечивать соответствие метрологических характеристик приборов значениям, заявленным в паспортах средств измерений, во всем диапазоне локальных нагрузок, которые могут возникать в местах их установки, как во время строительства, так и в период эксплуатации моста. При этом способы крепления датчиков должны учитывать климатические особенности местности, в которой производится мониторинг. Значения диапазонов климатических параметров следует принимать в соответствии с СП 131.13330.

Разрешается использование креплений датчиков, предусматривающих их съем и повторную установку после поверки, калибровки, технического обслуживания или замены. Порядок поверки, калибровки, технического обслуживания и замены должен быть прописан в регламенте на обслуживание системы мониторинга.

Способы креплений и измерений, предусматривающие нарушение целостности материала конструкций, должны быть согласованы с проектной мостовой организацией.

При выборе датчиков на основе перечня измеряемых величин необходимо учитывать существующие методики измерений, метрологические и технические характеристики датчиков, требования к их размещению, экономическую целесообразность применения выбранных решений.

Диапазон измерений каждого выбранного типа датчика должен включать предельные допустимые значения измеряемого параметра конструкции, если иное не указано в техническом задании на разработку системы мониторинга. В случаях, когда предельные допустимые значения параметра неизвестны (или их определение является целью мониторинга), выбор диапазона должен производиться на основе опыта выполнения аналогичных работ, либо на основе экспертной оценки.

Требования к погрешностям средств измерений должны устанавливаться исходя из возможности последующей оценки технического состояния конструкции на основе данных, полученных с соответствующей точностью. При этом оценка технического состояния производится в рамках, установленных в техническом задании на мониторинг.

Требования к порядку утверждения, калибровки и поверки средств измерений должны устанавливаться в соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. №102-ФЗ и соответствующими нормативными правовыми актами.

8 Постоянный мониторинг

Для уникальных мостовых сооружений следует предусматривать постоянный мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций с использованием автоматизированной системы мониторинга. Система мониторинга должна быть разработана на этапе проектирования уникального мостового сооружения, установлена во время его строительства и использоваться в период эксплуатации.

Требования к Системам непрерывного мониторинга мостов (далее СНММ), должны соответствовать ГОСТ 24.104.

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 СНММ предусматривается возможность контроля метрологических характеристик измерительных каналов.

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.

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.

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

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

При разработке проекта СНММ должны быть выполнены следующие работы:

- Сбор исходных данных об объекте мониторинга, условиях его эксплуатации, в том числе по проектно-исполнительной документации и непосредственно на мосту.

- Проведение научно-исследовательских работ.

- 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.

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

- Определение полной номенклатуры оборудования.

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

- Расчетное (с использованием конечно-элементной модели) обоснование допусков изменений (ошибок) контролируемых параметров и назначение границ опасных изменений контролируемых параметров.

- Сметные расчеты стоимости реализации системы мониторинга.

- 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.

- 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.

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.

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.

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 СП 79.13330. Могут использоваться другие методы испытаний, в том числе методы активной и пассивной 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 СП 79.13330.

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.

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

Оценка состояния моста производится с позиций требований действующих нормативных документов, [12], [13] СП 46.13330, СП 79.13330 по отдельным контролируемым параметрам и в целом по сооружению.

При оценке исправного состояния моста проверяется нахождение контролируемого параметра в пределах допусков и границ безопасных параметров, которые задаются в проекте СНММ и могут быть уточнены в процессе опытной эксплуатации СНММ.

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

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.

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.

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

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.

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

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 Периодический мониторинг

Для решения задач исследовательского мониторинга, а также при строительстве мостов, возможно, устраивать периодический мониторинг.

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.

При периодическом 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, то есть 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 натуральных 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 частью.

10 Специальные виды мониторинга

10.1 Мониторинг на время строительства

При мониторинге технического состояния зданий (сооружений), попадающих в зону влияния строительства или реконструкции объектов при подземном способе их возведения, проводят геодезическо-маркшейдерские работы, которые выполняются в процессе всего производственного цикла строительства объекта до затухания процесса деформирования как самого объекта, так и массива грунтовых пород в соответствии с согласованной в установленном порядке проектной документацией.

Составлению программы наблюдений должны предшествовать оценка и прогноз геомеханического состояния породного массива в районе крупного строительства и зоне его влияния на объекты, расположенные на земной поверхности.

Оценку геомеханического состояния до начала строительных работ проводят на основании геологических данных и инженерных изысканий. При этом особое внимание уделяют определению природного поля напряжений, характеристике тектонических нарушений, трещиноватости, слоистости, водообильности, карстообразованию и другим особенностям массива.

10.2 Геотехнический мониторинг в зоне влияния строительства

Объектами геотехнического мониторинга являются основания фундаментов, грунты, расположенные в зоне строительства (реконструкции) объекта, а также конструкции крепления стенок котлована.

Геотехнический мониторинг сооружений осуществляется в соответствии с Программой, которая разрабатывается организацией, проводящей мониторинг, и согласовывается с организацией, осуществляющей НТСС.

Организация, проводящая мониторинг, должна иметь лицензию на проведение инженерных изысканий для строительства сооружений I уровня ответственности.

Программа мониторинга должна разрабатываться на стадии проектирования объекта и должна учитывать уровень ответственности сооружения, технологические особенности его возведения и гидрогеологические условия строительной площадки.

В Программе должны быть отражены объемы и состав работ по мониторингу с указанием перечня измеряемых параметров и обоснованием требуемой точности измерений.

В случае применения автоматизированных систем контроля к разработке Программы мониторинга должны привлекаться представители организации - разработчика автоматизированной системы.

Организация, проводящая геотехнический мониторинг, для разработки "Программы" должна получить от заказчика (инвестора) следующую документацию:

- Отчет об инженерно-геологических изысканиях;
- Отчеты (и иные материалы) по результатам обследования технического состояния существующих сооружений, расположенных в зоне влияния предполагаемого строительства, выполненные по заданию Заказчика до начала СМР;
- Прогноз влияния проведения земляных и строительно-монтажных работ (включая обоснованность способа погружения свай или шпунтовых ограждений ударными и вибрационными методами) на прочность и устойчивость зданий окружающей застройки и сохранность их конструкций (выполняется организацией, осуществляющей НТСС);
- Инженерно-технические и технологические решения, реализация которых обеспечивает прочность и устойчивость зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния строительства, устойчивость берм котлованов, сохранность сооружений транспортной инфраструктуры;
- ПОС, включая (при необходимости) технологические схемы строительства объекта в стесненных условиях существующей застройки;
- ППР с разработанной технологией выполнения работ по устройству глубоких котлованов, при реализации которых должно практически исключаться разуплотнение грунтов оснований и изменение их физико-механических свойств, а также разуплотнение обжатых грунтов оснований существующих зданий (сооружений) окружающей застройки и объектов инженерной инфраструктуры (сети, подземные и транспортные сооружения), попадающих в зону влияния строительства;
- Перечень других возводимых одновременно с основным объектом подземных и надземных сооружений, строительные работы на которых могут оказать влияние на результаты выполняемого мониторинга;
- Перечень других предполагаемых к разработке (или уже выполняемых) видов мониторинга (мониторинг зданий и сооружений окружающей застройки, мониторинг геологической среды района строительства и др.) на возводимом объекте и в зоне влияния строительства.

Цели геотехнического мониторинга

- Обеспечение надежности оснований возводимого (реконструируемого) сооружения.

- Обеспечение стабильности свойств грунтов и уровня подземных вод в основании сооружений, расположенных в зоне влияния нового строительства.

- Обеспечение надежности конструкций крепления стенок котлована.

- Обеспечение эксплуатационной пригодности существующих подземных сооружений и коммуникаций, дорог и других объектов инженерной инфраструктуры, расположенных в зоне влияния нового строительства.

- Обеспечение эксплуатационной пригодности подземных сооружений и коммуникаций, находящихся под фундаментами возводимого сооружения.

- Обеспечение радиационной и других видов экологической безопасности.

Задачами геотехнического мониторинга являются:

Своевременное выявление отклонений в отдельных компонентах геологической среды основания возводимого объекта и зоны влияния строительства и систематический контроль за развитием этих отклонений.

Систематический контроль за состоянием конструкций ограждений (креплений) котлована.

Корректировка или разработка новых технических решений, обеспечивающих заданные проектом характеристики состояния грунтов оснований и грунтовых массивов, примыкающих к зоне строительства.

Корректировка или разработка новых технических решений по стабилизации деформаций стенок котлованов.

Систематический контроль за параметрами радиационной и других видов экологической безопасности.

Состав работ по геотехническому мониторингу определяется Программой и, как правило, состоит из следующих системно организованных визуальных и инструментальных наблюдений, в перечень которых следует включить:

- Фактическое состояние (параметры) грунтов при разработке котлована, а также в бортах отрываемого котлована, процессе устройства их крепления.

- Выполнение мероприятий по сбору и отводу грунтовых, поверхностных вод, атмосферных осадков - для предотвращения замачивания грунтов основания.

- Уровень откачиваемых грунтовых вод при водопонижении и водоотливе в зоне влияния строительства.

- Состояние грунта в бортах котлована в осенне-зимний и весенний периоды.

- Фактический уровень грунтовых вод разных водоносных горизонтов, вскрытых скважинами при установке конструкций ограждения котлована.

- Состояние бермы котлована: организация отвода поверхностных вод; весовые параметры складированных материалов и оборудования в пределах призмы обрушения; просадки грунта; провалы; развитием трещин.

- Выполнение мероприятий, обеспечивающих стабильность параметров грунтов основания, учтенных в проекте при определении несущей способности фундаментной плиты или конструкции свайно-плитного фундамента.

- Деформации установленных конструкций ограждения котлована по мере разработки грунта, в том числе и при динамических воздействиях.

- Состояние устройств, позволяющих создать контролируемое предварительное обжатие (напряжение) грунтового массива бортов котлованов (распорные системы с гидравлическими или винтовыми домкратами, грунтовые анкера с предварительным натяжением, оснащенные устройствами, контролирующими усилия в распорных элементах и анкерных тягах).

- Развитие неблагоприятных геологических процессов (карст, суффозия, оползни, подъем грунтовых вод).

- Изменение геоэкологической обстановки: радиационного фона; загрязнения грунтов и подземных вод; газовыделения.

Результаты геотехнического мониторинга должны быть представлены в виде:

- графиков развития осадок;
- графиков деформаций дна котлована и прилегающей территории;
- деформаций ограждений котлована;
- послойных деформаций основания возводимого сооружения;
- картограмм изменения напряжений под подошвой фундаментов;
- результаты гидрогеологических режимных наблюдений;
- результаты контроля за радиационной обстановкой;
- других материалов, перечень которых определен Программой.

Выводы о соответствии фактических параметров объектов мониторинга прогнозируемым величинам.

В случае выявления в ходе мониторинга критических деформаций или других опасных явлений необходимо незамедлительно информировать об этом заказчика, генерального проектировщика и организацию, проводящую НТСС, с целью принятия мер по предотвращению аварийных и чрезвычайных ситуаций.

При выполнении геотехнического мониторинга проводят визуальные наблюдения, геодезические с применением теодолитов, нивелиров, тахеометров, электронных сканеров, космических навигационных систем - фиксация деформаций и изменения местоположения объектов мониторинга в пространстве. При необходимости в соответствии с Программой мониторинга проводят геофизические работы и физические наблюдения (на основе комплекса датчиков деформаций, напряжений и вибродатчиков).

В состав работ по геотехническому мониторингу может быть включен мониторинг сооружений окружающей застройки (попадающих в зону влияния нового строительства), который следует проводить в соответствии с требованиями [8].

10.3 Вибродинамический мониторинг

Вибромониторинг может рассматриваться как самостоятельный вид мониторинга, а может являться составной частью систем непрерывного или периодического мониторинга, как на период строительства, так и на постоянной основе в период эксплуатации. Вибромониторинг предназначен для периодической инструментальной диагностики эксплуатируемых автодорожных мостов и может применяться для приемочных испытаний вновь построенных и реконструируемых мостов. В основе вибромониторинга лежит вибродиагностика работы несущих и ограждающих (при необходимости) конструкций. В свою очередь вибродиагностика базируется на анализе параметров расчётного и экспериментального отклика (реакции) сооружения на динамическое воздействие в низкочастотном диапазоне собственных форм колебаний.

Методы вибромониторинга могут быть условно разделены на пассивные и активные методы вибродиагностики.

Методами пассивной вибродиагностики являются те, когда отсутствует специальная система нагружения исследуемой конструкции, а в качестве режима нагружения используется случайное или регулярное фоновое воздействие природного или техногенного характера.

Практическое использование метода пассивной вибродиагностики осуществляется при случайном воздействии: транспортного потока, прогона

одиночного автомобиля, ветра и т.д. Практически все эти виды случайного воздействия (ветер, транспортный поток, микросейсмы и т.д.), носят нестационарный, неэргодический характер. Применительно к автодорожным мостам это означает, что при исследовании параметров динамического отклика под воздействием транспортного потока требуется значительное увеличение времени наблюдений (не менее 10 минут) и регистрации параметров отклика, доверительная вероятность получаемых результатов невысокая, что может компенсироваться высокой точностью измерений (до 10 мкм в перемещениях). В зависимости от способа регистрации и обработки экспериментальных данных, характеристиками отклика сооружения могут являться: частоты низших форм колебаний пролетных строений, спектры мощности или относительных амплитуд, величина добавки динамического коэффициента. Сопоставление результатов с данными расчетной модели сооружения может проводиться по частотам 5-10 низших форм колебаний (частотный анализ).

Методы активной вибродиагностики характеризуются искусственным приложением к конструкции сооружения импульсной или гармонической, вибрационной нагрузки, как частный случай, применяется стохастический процесс нагружения, имеющий стабильные статистические характеристики (стационарный, эргодический процесс).

Практическое использование импульсного нагружения в активной вибродиагностике осуществляется: прогоном одиночного автомобиля через искусственные неровности, оттяжкой конструкции тросом через размыкающее звено, сбросом груза или ударом через пластичную прокладку и т.д. При активном воздействии на конструкцию импульсной нагрузкой, из-за малой продолжительности воздействия, получение стационарных колебаний затруднительно, что приводит к необходимости многократного повторения нагружения.

В зависимости от способа регистрации и обработки экспериментальных данных, характеристиками отклика сооружения могут являться: частоты низших форм колебаний пролетных строений, спектры мощности или относительных амплитуд, величина добавки динамического коэффициента. Сопоставление результатов с данными расчетной модели сооружения позволяют оценить остаточный ресурс сооружения и предусмотреть плановые ремонты и усиления моста.

Использование гармонического нагружения в активной вибродиагностике более эффективно, но требует применения достаточно сложных и дорогих вибровозбудителей, среди которых наиболее известны

2- вальные эксцентрикковые вибромашины, конструкции ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко с управляемой частотой вращения. Усилие воздействия в них изменяется ступенчато, перестановкой эксцентриков.

За рубежом, взамен механических вибромашин, широко применяются электросервогидравлические вибровозбудители, которые позволяют проводить нагружение и регистрацию измеряемых параметров в режиме «управляемого эксперимента», с использованием управляющей ПЭВМ.

Основной особенностью всех вышеуказанных устройств является их стационарное базирование, то есть необходимость их жесткого анкерного крепления на испытываемом сооружении.

Более современным вибровозбудителем является мобильный (на базе автомобиля) сейсмодвижитель типа СВ, применение которого повышает технологичность вибродиагностики автодорожных мостов, за счет значительного сокращения объемов подготовительных работ. Применение современных информационных технологий управления экспериментом, регистрации и обработки экспериментальных данных по отклику сооружения позволяет получать, в дополнение к вышеуказанным, амплитудо-фазочастотные характеристики (АФЧХ) динамических прогибов в ключевых точках сооружения, в виде передаточных функций от усилия возбуждения. Это дает возможность проводить количественную оценку и сопоставление результатов с данными расчетной модели сооружения, что позволяет использовать современные методы модального анализа.

При обеспечении высокой мобильности и оперативности вибродиагностики ее можно эффективно использовать для мониторинга состояния большого числа мостов, входящих в единую инфраструктуру (автодорога федерального подчинения, сеть автодорог субъекта Федерации).

В этом случае на базе сертификационных (первичных) испытаний моста создается система объектно-ориентированных баз данных (ООБД) по каждому сооружению, включающая в себя, как традиционные формы отчетных материалов, так и экспериментальные данные сертификационных испытаний, которые объективно определяют состояние моста на момент проведения испытаний (динамический паспорт сооружения).

При проведении повторной экспресс-диагностики моста используется ранее созданная ООБД; при этом время и стоимость проведения работ сокращается примерно в 4 раза. Экспресс-диагностика становится инструментальным средством оценки состояния, фиксирующим любые изменения характеристик сооружения, что снижает влияние субъективных факторов.

Применение высокотехнологичных методов вибродиагностики не требует вывода моста из эксплуатации, для проведения нагружения и серии измерений требуется перерыв в движении длительностью 10-15 мин, все остальные подготовительные работы должны проводиться без перерывов автомобильного движения.

Основой любого метода вибродиагностики (вибромониторинга) является установление связи между динамическими параметрами сооружения и его остаточной несущей способностью. При возникновении повреждений конструкций, вследствие снижения жесткости отдельных элементов, происходит перераспределение внутренних усилий, в результате чего меняется матрица жёсткости основных элементов сооружения; снижаются частоты и увеличиваются амплитуды их собственных и вынужденных колебаний. Анализ этих явлений возможен на базе установления взаимосвязи между вынуждающей силой и возникающими колебаниями, что известно, как анализ мод (модальный анализ). Наиболее полным результатом такого исследования является матрица передаточных функций сооружения в виде амплитудо-фазо-частотных характеристик (АФЧХ) динамических прогибов для ключевых точек сооружения. Колебания конструкций сооружения, в общем случае, являются демпфированными. Демпфирование колебаний в конструкции тем значительнее, чем больше оно связано с диссипацией (рассеиванием) энергии. Оценка демпфирующих свойств (коэффициента демпфирования), производимая по параметрам резонансного пика, также позволяет определять степень влияния накопленных дефектов на остаточную несущую способность сооружения.

Оценка экспериментальных данных и вывод о состоянии моста производится:

- по результатам предшествующих испытаний одного и того же объекта (экспресс-диагностика);
- по статистическим параметрам отклика аналогичных сооружений;
- по параметрам отклика калиброванной (адаптированной по экспериментальным данным) математической модели сооружения, что даёт наиболее точный результат.

В общем случае все технологические процедуры вибродиагностики должны осуществляться в три этапа, первые два из которых осуществляются в полевых условиях, а третий этап на стадии камеральной обработки результатов.

Возбуждение колебаний и регистрация сигналов отклика конструкций. Получение в реальном времени результатов инструментальных измерений,

необходимых для последующего анализа колебаний. Как правило, этими результатами являются амплитудо-фазо-частотные характеристики динамических прогибов для информационно-значимых точек конструкции. Передаточные функции отклика конструкций на гармоническое воздействие могут быть получены следующим образом:

- измеряются и регистрируются входной сигнал и сигнал-отклик;
- проводится Фурье-анализ сигналов;
- в частотной области, в комплексном виде, определяется отношение сигналов отклика конструкции к входному силовому воздействию.

Вторичная обработка инструментальных замеров, включающая анимацию форм колебаний, определение собственных частот и коэффициентов демпфирования, статистический анализ.

На этом же этапе проводится обследование, целью которого является выявление причин появления аномалий в отклике сооружения на динамическое воздействие.

Оценка состояния конструкции. Обобщение экспериментальных данных, сравнение их с эталонными (расчетными или статистическими) данными. Определение общего состояния и оценка работоспособности конструкции.

10.4 Мониторинг ограждающих конструкций

Общие положения

При проведении мониторинга следует руководствоваться критериями качества, содержащимися в проектной документации, стандартах, а также государственных нормативных актах в части устройства наружных ограждений, и соответствующими нормативами регионального уровня по устройству и монтажу систем наружной теплоизоляции, покрытий и светопрозрачных конструкций.

При отсутствии стандартов на применяемое наружное ограждение, как временной мерой, следует руководствоваться критериями качества при монтаже, определенными в Технических свидетельствах или Технических условиях на систему наружного утепления.

При мониторинге осуществляется контроль состояния элементов наружных ограждений на предмет соответствия деформационным и другим характеристикам, подлежащим контролю и приведенным в проектной документации (либо в соответствующем нормативном документе).

Состав работ при мониторинге ограждающих конструкций

Мониторинг ограждающих конструкций мостов осуществляется в соответствии с Программой, которая разрабатывается организацией, проводящей мониторинг и согласовывается с Заказчиком.

В случае применения автоматизированных систем контроля к разработке Программы мониторинга целесообразно привлекать организацию - разработчика автоматизированной системы.

Программа мониторинга ограждающих конструкций должна разрабатываться до начала работ по их устройству и учитывать уровень ответственности и технологические особенности возведения сооружения.

В Программе должны быть указаны ответственные узлы и конструкции, подлежащие мониторингу, их контролируемые параметры (которые указываются в проекте на устройство наружных ограждений), а также состав работ и выбор системы и методики наблюдений, объемы контрольных операций, оборудование и т.д.

Ответственные узлы и конструкции наружных ограждений:

"Разрушение либо недопустимые деформации, которые могут привести к прогрессирующему разрушению других конструкций или обрушению фрагментов наружных ограждений, либо привести к снижению безопасности людей, находящихся в нем или вблизи него". Применительно к навесным фасадным системам (НФС) это могут быть узлы крепления к основным конструкциям каркаса и узлы крепления облицовочных элементов к каркасу НФС.

При проведении мониторинга необходимо учитывать малую инерционность современных наружных ограждений, их повышенную уязвимость при воздействии природных и техногенных факторов (перепады температур, ветровая и снеговая нагрузки, вибрации, сейсмика, аварии, пожары, диверсии и т.д.), а также невозможность проведения визуального контроля за смонтированными и закрытыми слоями.

Необходимо учитывать работу ограждающих конструкций в условиях экстремальных воздействий уже в ходе выполнения СМР и принимать эффективные меры по предотвращению увлажнения слоя утеплителя и затеканию атмосферной влаги внутрь конструкции по выступающим частям и кронштейнам.

При выборе системы наблюдений необходимо учитывать повышенные скорости протекания процессов изменения напряженно-деформационного состояния в ограждающих конструкциях, продолжительность измерений, ошибки измерений, в том числе за счет изменения погодных параметров, а также влияния помех и аномалий природно-техногенного характера.

При проведении длительных наблюдений и изменении внешних условий (температуры, влажности, характера ветровых воздействий и т.д.) необходимо обеспечить стабильность системы наблюдений и параметров измерительных устройств.

Используемые для наблюдений приборы и оборудование должны регулярно поверяться с заданной в "Программе" периодичностью.

Для раннего выявления негативных изменений напряженно-деформационного состояния ограждающих конструкций, автоматизированные средства контроля необходимо устанавливать в процессе их монтажа. В дальнейшем эти средства целесообразно использовать для возможного проведения мониторинга в период эксплуатации.

Первоначальным этапом мониторинга ограждающих конструкций сооружения, в случае, если он ведется не с начала строительства (реконструкция), является обследование их технического состояния. При этом фиксируются дефекты и повреждения конструкций и устанавливаются категории их технического состояния, определяются критические зоны в отношении механической или иной безопасности и уточняются адекватные зафиксированному состоянию способы наблюдений, а в необходимых случаях разрабатываются рекомендации по приведению конструкций в работоспособное состояние.

Для проведения наблюдений могут быть рекомендованы различные инструментальные системы, основанные на измерениях деформаций в характерных точках конструкций: преобразователи напряжений; прогибомеры; оптико-волоконные датчики и др.

Цели и задачи мониторинга состояния ограждающих конструкций

Обеспечение безопасного функционирования ограждающих конструкций (или их частей) при возведении сооружений и в течение установленного срока их эксплуатации.

Получение объективной информации о напряженно-деформационном состоянии контролируемых конструкций, их коррозионной стойкости, теплозащитных свойствах наружного ограждения для внесения необходимых изменений в проект или в технологию работ.

Своевременное обнаружение на ранней стадии дефектов, которые могут быть скрыты последовательно устраиваемыми слоями (утеплитель, ветрозащита, наружная облицовка).

Получение достоверной информации по параметрам климатических, техногенных и иных воздействий на ограждающие конструкции.

Получение исходной информации для проведения мониторинга в ходе эксплуатации наружных ограждений.

В ходе мониторинга должен осуществляться контроль:

- напряженно-деформационного состояния ограждающих конструкций сооружения;
- геометрических параметров взаимного расположения отдельных компонентов фасадных систем (ограждения мостов и шумозащитных экранов);
- коррозионной стойкости элементов конструкций;
- теплозащитных свойств наружных ограждений (в т.ч. шумозащитных экранов);
- климатических параметров в приграничных (с атмосферой) зонах наружных ограждений (показатели скорости и давления ветра, температура, влажность) - при необходимости.

Сопоставление полученных параметров состояния контролируемых конструкций с нормируемыми параметрами, определенными в проекте (или нормативными документами).

Оценка соответствия конструкций наружных ограждений, зафиксированным климатическим воздействиям, в т.ч. проверка расчетных усилий в монтажных элементах.

Результаты мониторинга состояния ограждающих конструкций

По результатам мониторинга составляется отчет, который представляется Заказчику, генеральному проектировщику и организации, проводящей НТСС.

Отчет должен содержать:

- результаты мониторинга, представленные в виде дефектных ведомостей, исполнительных схем с нанесенными геометрическими отклонениями, графиков изменения деформационного состояния отдельных узлов, элементов и конструкций в целом, актов освидетельствования технического состояния конструкций, актов, подтверждающих соблюдение технологической последовательности работ по мониторингу, фотоматериалов;
- заключение о надежности установленных конструкций и дальнейшей возможности продолжения работ по устройству наружных ограждений, о соответствии фактических параметров состояния конструкций расчетным или проектным;
- техническое задание (при необходимости) на разработку проектных и технологических мероприятий по предупреждению и устранению негативных изменений;
- предложения по дальнейшему проведению мониторинга.

В случае выявления в ходе монтажа деформаций, отличных от прогнозируемых и представляющих опасность для людей, здания или окружающей застройки, необходимо незамедлительно информировать об этом Заказчика, производителя работ и принять меры по недопущению аварийных и чрезвычайных ситуаций.

11 Аппаратурное обеспечение мониторинга

11.1. Состав приборов и оборудования

11.1.1 Системы и оснащение мониторинга напряженно-деформационного состояния несущих конструкций

При оснащении систем мониторинга применяются следующие приборы и технические средства:

- Инклинометры. Стационарные и переносные. По условиям установки: поверхностные и встраиваемые. Поверхностные инклинометры устанавливаются на вертикальных и горизонтальных конструкциях сооружения для фиксации перемещений. Стационарные инклинометры устанавливаются в трубных направляющих, фиксируют смещения и деформации. Переносные инклинометры позволяют производить оперативный контроль горизонтальных и вертикальных поверхностей по реперным, контрольным площадкам.

- Экстенсометры. Датчики осадки. DSM-система (дифференциального мониторинга осадок) предназначена для долговременного мониторинга, контроля за поведением сооружения.

- Датчики нагрузки. Применяются для мониторинга нагрузок в основании сооружений (датчики нагрузки грунта) или в строительных конструкциях (датчики нагрузки бетона).

- Тензометрические датчики. Используются для измерения напряжений в стальных и железобетонных конструкциях.

Установка производится (чаще всего) на арматуру перед заливкой бетона при изготовлении железобетонных конструкций.

- Гидравлические (анкерные) датчики нагрузки применяются для мониторинга нагрузок на основные опорные элементы сооружения.

- Измерители трещин и стыков. Применяются для мониторинга раскрытия трещин, стыков в сооружениях.

- Регистраторы и накопители. Портативные переносные устройства с жидкокристаллическим дисплеем и универсальные портативные регистраторы-накопители, в составе которых микрокомпьютер, счетчик сигналов, таймер, сканер и др.

11.1.2. Стационарная станция мониторинга деформационного состояния несущих конструкций

Задание на проектирование должно предусматривать оборудование стационарной станции мониторинга деформационного состояния несущих конструкций с целью выявления мест накопления повреждений за счет анализа передаточных функций для различных частей моста и измерения наклонов пролетного строения и опор.

Необходимо обеспечить оборудование мест установки измерительных пунктов станции для размещения приборов в соответствии с техническими условиями по мониторингу сооружения.

При возможности следует устанавливать измерительные пункты станции мониторинга на грунте на расстоянии 50 - 100 м от сооружения.

При возможности также следует устанавливать измерительные пункты станции мониторинга на грунте под подошвой фундамента (для фиксации контактных напряжений), в арматурном каркасе фундамента, внутри и/или на поверхности вертикальных несущих конструкций (для фиксации деформаций).

Отдельно оборудуются измерительные пункты станции для установки приборов, измеряющих крены (углы наклона) опор и пролетных строений.

Места установки измерительных пунктов станции должны располагаться в монолитных железобетонных или кирпичных нишах с закрывающимися на замок дверцами либо в металлических закрывающихся на замок контейнерах, жестко соединенных с несущими конструкциями сооружения. Доступ к измерительным пунктам должен быть обеспечен только персоналу станции.

По заданию заказчика строительства допускается разработка математической модели сооружения с целью объективного анализа результатов мониторинга и сравнения контролируемых параметров с расчетными.

11.1.3. Система мониторинга строительных конструкций на базе волоконно-оптических датчиков (ВОД) позволяет производить замеры в автоматизированном и автоматическом режимах.

11.1.4. Техническая характеристика системы измерения деформаций на базе комплекса с волоконно-оптическими датчиками

Т а б л и ц а 1

Наименование параметра	Величина
Диапазон измеряемой относительной деформации	0 - 2×10^{-2}
Погрешность измерения на всем диапазоне	1,5%
Удаленность объекта контроля	< 3000 м
Потребляемая мощность	Не более 2 Вт
Температура эксплуатации	-30 - +60 °С
Устойчивость к коррозии	Да
Влажность при эксплуатации	0 - 100%
Срок службы	Не менее 15 лет
Размеры корпуса датчика	60 мм x 60 мм x 20 мм
Диапазон измерительной базы	0,1 - 1,0 м

Датчики обеспечивают измерение ускорений колебаний пролетных строений от 10^{-5} м/с² по трем ортогональным компонентам в полосе частот от 0,5 до 50 Гц, в динамическом диапазоне от 120 Дб, при частоте дискретизации сигнала 400 Гц/канал.

Датчики регистрации крена обеспечивают измерения углов наклона при точности измерения +/- 3".

Система связи обеспечивает передачу данных 32 датчиков в центр сбора в стандарте интерфейса RS-485.

Станция сейсмометрического мониторинга. Рекомендуется к внедрению аппаратура с применением сейсмометрических технологий для мониторинга мостов. Этот комплекс позволяет вести мониторинг с использованием измерений соотношения амплитуд собственных частот колебаний.

Используется эффект влияния изменения механических характеристик материала и уменьшения площади сечения строительной конструкции на частотные характеристики сооружения.

Могут быть рекомендованы также стационарные системы наблюдения на базе роботизированных тахеометров, системы GPS (глобальная система позиционирования), системы на базе датчиков наклона, заранее закрепленных в определенных точках ответственных конструкций и проводящие непрерывные измерения под управлением компьютерных программ.

11.2. Требования к приборам

В качестве возбудителя гармонического динамического воздействия на исследуемое сооружение может применяться любая техническая система. Наиболее удовлетворительные результаты могут быть получены, если характеристики системы позволяют осуществлять:

- плавное и непрерывное изменения частоты нагружающего воздействия в диапазоне 0,6 - 30 Гц;
- управление нагружающим воздействием от ПЭВМ (как частотой, так и амплитудой);
- стабильность выходных характеристик по частоте и по амплитуде;
- обеспечивают высокую мобильность установки и оперативность при подготовке к работе;
- обеспечивать работу системы без жесткого анкерного крепления на объекте испытаний.

11.2.1 Средства измерения динамических прогибов конструкций

В качестве средств измерения могут применяться первичные преобразователи любого типа. Наиболее удовлетворительные результаты будет обеспечивать система со следующими характеристиками:

- частотный диапазон - 0,6 - 30 Гц;
- класс точности измерений, не ниже 2,5;
- динамический диапазон, не ниже 100 дБ;
- измеряемые перемещения - от 1 мкм;
- простота и надежность крепления на исследуемой конструкции;
- инерциальный принцип измерения перемещений (отсутствие необходимости использовать какую-либо опорную базу (поверхность земли, другой элемент конструкции сооружения) и механическую связь с ней - проволока, поводок и т.д.);
- помехоустойчивость к блуждающим токам;
- устойчивость к климатическим воздействиям.

12 Компьютерное моделирование как составная часть мониторинга

В качестве расчетного метода анализа реакций сооружения на динамическое воздействие применяется математическое моделирование сооружения на основе метода конечного элемента, в дальнейшем МКЭ-моделирование.

Для этих целей может применяться любой программный комплекс, основанный на методе МКЭ и способный производить исследование статических и динамических реакций МКЭ-модели на различные сочетания внешних воздействий.

Наиболее существенным требованием является наличие в применяемом программном комплексе блока исследования динамических реакций МКЭ-модели, что позволяет проводить исследование реакций модели на гармоническое воздействие в частотной области, конечной целью этого исследования является получение амплитудо-фазо-частотных характеристик динамических прогибов (АФЧХ) для достаточно большого числа точек исследуемой МКЭ-модели сооружения.

В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют комплексы: ADINA, ANSYS, COSMOS, NASTRAN и т.д.

Применение современных информационных технологий требует обеспечения оперативной работы с большими объёмами разнообразной информации в цифровом виде, поэтому программные средства (ПС) объектно-ориентированной базы данных (ООБД) должны обеспечивать необходимый уровень сервиса при работе с различными форматами данных. ПС ООБД должны быть совместимы с Intel-процессорными ПЭВМ, их носителями информации и их форматами данных.

Программные средства объектно-ориентированной базы данных должны удовлетворять следующим требованиям:

- работать под управлением Windows95/98/NT и выше, использовать стандартные ресурсы операционной системы, а также ПС других разработчиков, инсталлированные на ПЭВМ;
- работать с внешних носителей, без копии на жёстком диске ПЭВМ;

- обеспечивать возможность хранения информации в режиме оперативного доступа на жестком диске, внешних носителях ПЭВМ и по сети;
- обеспечивать визуализацию всех видов информации, в том числе, в графическом и анимационном виде;
- обеспечивать возможность перевода всей информации с электронных носителей в бумажные копии.

13 Анализ данных, получаемых в процессе мониторинга

Периодичность снятия показаний должна устанавливаться исходя из возможности последующей оценки технического состояния конструкции на основе совокупности полученных данных. Периодичность задается в программе (проекте) мониторинга. Допускается назначение разной периодичности снятия показаний для различных параметров.

В системе мониторинга должна быть реализована возможность изменения периодичности снятия показаний.

Проектирование программного обеспечения для системы мониторинга должно осуществляться с учетом возможности выполнения с помощью него следующих задач:

- осуществление сбора, первичной обработки, систематизации и накопления данных;
- реализация комплексной обработки, анализа и визуализации результатов проводимых измерений, либо предоставление оператору системы информации необходимой для анализа результатов измерений;
- координация работы различных подсистем и элементов системы мониторинга, их настройка, функциональный контроль, и выдача диспетчеру предупреждающей информации о неполадках;
- реализация требований к способам оповещения о возникновении нештатных и аварийных ситуаций;
- реализация взаимодействия с другими автоматизированными системами;

Возможности программного обеспечения, разработанного для конкретного объекта, должны позволять осуществлять сбор и накопление данных со всех средств измерений, установленных на данном объекте в составе системы мониторинга, как в автоматическом режиме, так и по запросу оператора.

Вся информация, полученная в результате сбора и первичной обработки данных и необходимая для последующего использования, должна быть систематизирована и помещена в общую базу данных.

На основе программного обеспечения допускается реализация ввода информации в общую базу данных в ручном режиме (в том числе в виде замечаний, комментариев и т.п.). При этом должны быть приняты меры для однозначной идентификации источника полученной информации в процессе дальнейшей обработки.

Программное обеспечение должно обеспечивать возможность тематического поиска и извлечения информации, хранящейся в базе данных. Конкретные требования к критериям поиска и форматам запросов должны устанавливаться в техническом задании на систему мониторинга, либо назначаться разработчиком системы на основе перечня измеряемых параметров и опыта выполнения аналогичных работ.

Допускается аппаратно-программная реализация обмена информацией с взаимосвязанными автоматизированными системами. Конкретные требования к способам взаимодействия и протоколам обмена данными между системами устанавливаются в техническом задании на систему мониторинга.

Обработка данных, получаемых в процессе мониторинга, должна осуществляться в соответствии с этапами наблюдений, обозначенными в программе (проекте) мониторинга. В результате проведения каждого этапа наблюдений должна быть получена информация, достаточная для подготовки отчетных материалов по этому этапу.

Обработку данных, получаемых в процессе мониторинга, следует разделять на предварительную (первичную) обработку и комплексную обработку.

Примечание – такое разделение в некоторой степени носит условный характер и во многом зависит от применяемых методик измерений и сбора данных. Предварительная обработка может включать преобразования формы данных, фильтрацию, проверку данных и т.д. Комплексная обработка может включать спектральный анализ, сравнительный анализ, статистическую обработку и т.д.

Результатом выполнения процесса предварительной обработки данных должна быть информация по каждому измеряемому параметру или их совокупности в готовом для записи в базу данных виде.

Результатом выполнения процесса комплексной обработки данных должна быть информация о техническом состоянии объекта мониторинга.

Комплексная обработка данных в зависимости от концепции мониторинга должна осуществляться либо соответствующим специалистом (экспертная оценка), либо с помощью программного обеспечения (на основе заданного алгоритма обработки данных).

Результат комплексной обработки данных, реализованный с помощью программного обеспечения, в зависимости от скорости изменения значений измеряемых параметров и целей мониторинга может быть представлен в виде:

- систематизированной и удобной для восприятия диспетчером информации по отдельным измеряемым параметрам или их совокупности (таблицы, графики, диаграммы и т.д.);

- отчета установленного образца, сформированного по запросу диспетчера;

- информации, характеризующей техническое состояние объекта мониторинга, поступающей диспетчеру системы мониторинга, либо соответствующим службам (строительным, эксплуатационным, диспетчерским и т.п.);

- сигналов управления (сформированных и переданных в автоматическом режиме) для оборудования или взаимосвязанных автоматизированных систем с целью быстрого реагирования на нештатные или аварийные ситуации.

В случае получения на каком-либо этапе мониторинга информации, указывающей на ухудшение технического состояния всей конструкции или ее элементов, которое может привести к аварийному состоянию, организация, проводящая мониторинг, должна немедленно информировать о сложившейся ситуации заказчика (в том числе в случаях, когда аварийное оповещение не предусмотрено программой или проектом мониторинга).

Все виды работ, связанные с монтажом, вводом в эксплуатацию и обслуживанием системы мониторинга, должны производиться в соответствии с нормативными документами в области безопасности производства работ и разделом 16.

Порядок действий при монтаже, эксплуатации и обслуживании системы мониторинга регламентируется соответствующим разделом (или разделами) программы (проекта) мониторинга.

Все несоответствия (недостатки, изменения и т.д.), которые были обнаружены в программе (проекте) мониторинга на этапе монтажа, должны быть документально зафиксированы в соответствующих актах для

последующего согласования и внесения изменений в программу (проект) мониторинга.

Организацией, осуществляющей монтажные работы в соответствии с проектом мониторинга, должна быть оформлена соответствующая исполнительная документация.

Приемку системы мониторинга оформляют специальным актом приемки, который должен быть подписан представителями всех организаций, участвующих в разработке, монтаже, обслуживании и дальнейшей эксплуатации системы мониторинга.

Недостатки в методиках измерений или регламентах работ, выявленные в процессе опытной эксплуатации системы, должны быть устранены по согласованию с заказчиком.

Для размещения программно-аппаратного комплекса системы мониторинга и оператора (диспетчера) в программе (проекте) мониторинга должно быть предусмотрено выделение специального помещения для сбора информации и управления системой мониторинга (диспетчерского пункта). Площадь помещения должна быть не менее 12 м². Помещение должно быть оборудовано кабельным вводом и электропитанием (220 В, 50 Гц, 6 А), если иное не предусмотрено в техническом задании.

14 Регламент действий диспетчерских служб

Выбор вида связи (проводная, беспроводная или комбинированная) для передачи данных между устройствами системы мониторинга является частью процесса проектирования системы и должен осуществляться с учетом положений подразделов 2.1 и 2.2 настоящего свода правил.

При проектировании проводной (или комбинированной) системы связи разработка схемы прокладки кабелей должна осуществляться на основе схемы размещения средств измерений. При этом в качестве защитных мер (в соответствии с пунктами 2.4.1 и 2.4.2 настоящего свода правил) в конструктивных решениях могут использоваться специальные кабельные каналы, металлические рукава, трубы и т.п.

При проектировании беспроводной системы связи разработка схемы размещения приемопередатчиков должна осуществляться на основе схемы размещения средств измерений с учетом технических возможностей радиопередающей аппаратуры по образованию единой зоны покрытия беспроводной сети в границах системы мониторинга. Для увеличения зоны

покрытия (или повышения стабильности работы сети) допускается использование ретрансляторов.

При проектировании систем связи любых видов необходимо учитывать возможные изменения положения конструкций, за которыми осуществляется наблюдение, в пространстве в процессе производства работ, предусмотренных проектом (строительство, ремонт и т.д.). Связь должна обеспечивать бесперебойный режим работы системы мониторинга при любых допустимых проектом положениях конструкций.

В целях повышения надежности системы мониторинга в целом (пункт 2.2.1 настоящего свода правил) при проектировании системы связи допускается дублирование каналов связи. Дублирование каналов возможно, как в пределах одного вида связи (например, использование нескольких приемопередатчиков на разных частотах), так и на основе сочетания разных видов связи (например, кабельное соединение измерительных модулей с диспетчерским пунктом дублируется посылкой данных с помощью модемов на сервер через Интернет).

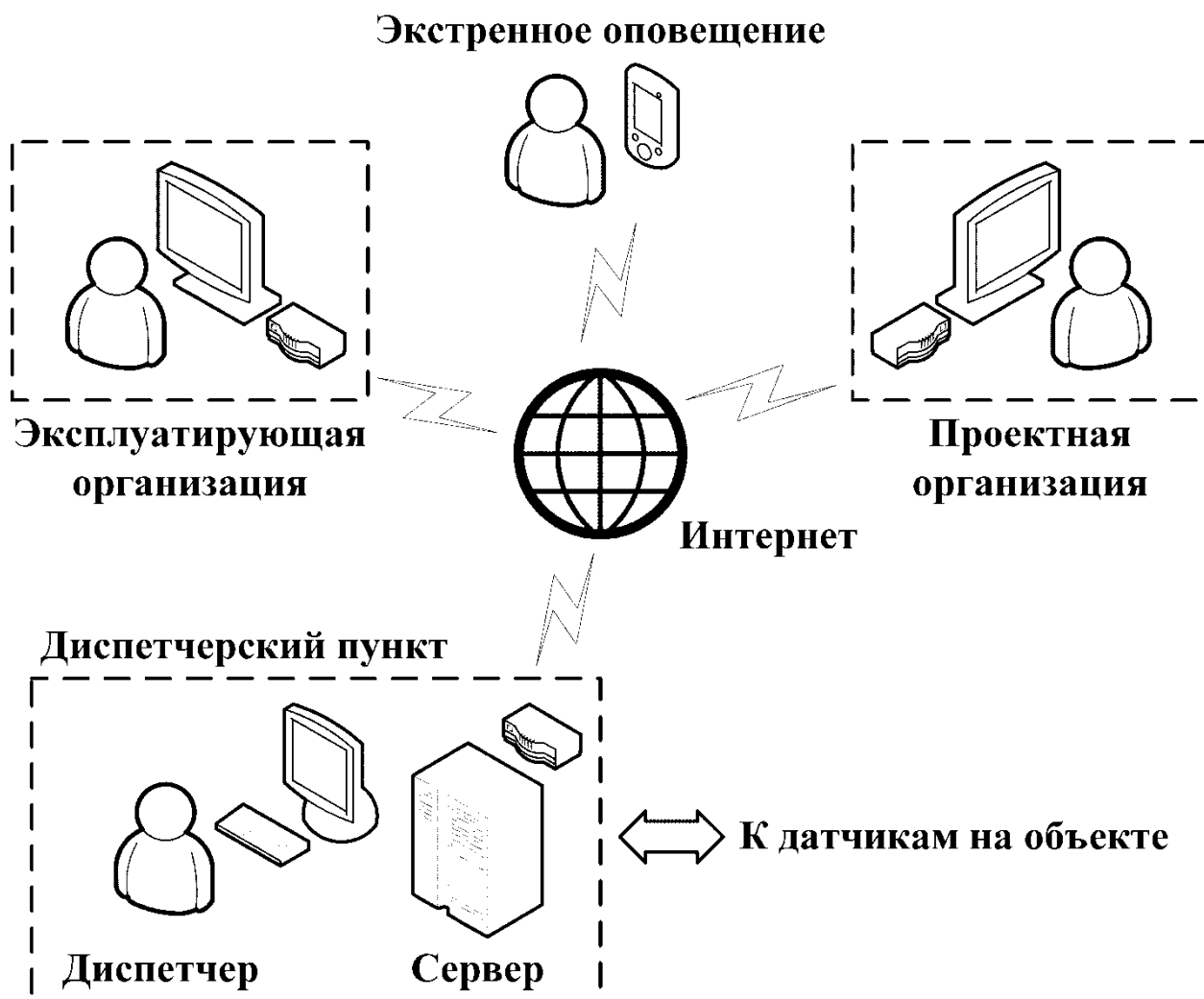


Рисунок 1 – Схема передачи информации

15 Техника безопасности при мониторинге

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, ГОСТ 12.4.107, 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, [14].

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, СНиП 12-03, СНиП 12-04) 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 сетей 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, радиостанция 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, 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 ГИБДД.

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 СНММ устанавливаются специальным разделом должностных инструкций и (или) инструкции по эксплуатации СНММ и имеют ссылки на инструкции по эксплуатации технических средств.

Приложение А (обязательное)

Нормативные ссылки

Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ	Об обеспечении единства измерений
Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ	Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ	Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
ГОСТ 12.1.012-2004	Вибрационная безопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.4.087-84	ССБТ. Каски строительные. Технические условия
ГОСТ 12.4.107-2012	ССБТ. Канаты страховочные. Технические условия
ГОСТ 21.609-83	СПДС. Газоснабжение. Внутренние устройства. Рабочие чертежи.
ГОСТ 24.104-85	ЕСС АСУ. Автоматизированные системы управления. Общие требования
ГОСТ 34.201-89	Комплекс стандартов на автоматизированные системы
ГОСТ 34.602-89	Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем
ГОСТ Р 52289-2004	Комплекс стандартов на автоматизированные системы
ГОСТ 1497-84*	Техническое задание на создание автоматизированной системы
ГОСТ 3242-79	Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств
ГОСТ 3262-75*	Металлы. Методы испытаний на растяжение.
ГОСТ 5802-86	Соединения сварные. Методы контроля качества.
ГОСТ 7564-97	Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
ГОСТ 10180-2012	Растворы строительные. Методы испытаний.
	Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний.
	Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 12071-2000	Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
ГОСТ 12730.0-78	Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости.
ГОСТ 14254-96	Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
ГОСТ 16483.3-84	Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе.
ГОСТ 16483.7-71	Древесина. Методы определения влажности.
ГОСТ 16483.10-73	Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон.
ГОСТ 16483.18-72	Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое.
ГОСТ 17624-2012	Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
ГОСТ 22536.0-87	Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Общие требования к методам анализа.
ГОСТ 22690-88	Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
ГОСТ 24846-2012	Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.
ГОСТ 25100-2011	Грунты. Классификация.
ГОСТ 26629-85	Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.
ГОСТ 27296-2012	Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения.
ГОСТ 27751-2014	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения
ГОСТ 28570-90	Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций.
ГОСТ 30416-2012	Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
СП 15.13330.2012	«СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции»
СП 16.13330.2011	«СНиП II-23-81*Стальные конструкции»
СП 22.13330.2011	«СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011	«СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»
СП 45.13330.2012	«СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»
СП 51.13330.2011	«СНиП 23-03-2003 Защита от шума»
СП 60.13330.2012	«СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование»
СП 63.13330.2012	СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
СП 64.13330.2011	«СНиП II-25-80 Деревянные конструкции»
СП 131.13330.2012	«СНиП 23-01-99* Строительная климатология»
СНиП 12-03-2001	Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
СНиП 12-04-2002	Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

Приложение Б (обязательное)

Термины и определения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

- **безопасность эксплуатации сооружения:** Комплексное свойство объекта противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое: проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве; текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т.п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера; совокупностью антитеррористических мероприятий и степенью их реализации; нормативами по эксплуатации и степенью их реального осуществления.

- **конструктивная безопасность сооружения:** Комплексное свойство конструкций объекта (сооружения) противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое: проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве; текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т.п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера.

- **комплексное обследование технического состояния сооружения:** Комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование технического состояния сооружения, теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования.

- **обследование технического состояния сооружения:** Комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций на предмет выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих конструкций и определения их фактической несущей способности.

- **специализированная организация:** Физическое или юридическое лицо, уполномоченное действующим законодательством на проведение работ по обследованиям и мониторингу сооружений.

- **категория технического состояния:** Степень эксплуатационной пригодности несущей строительной конструкции сооружения в целом, а также грунтов их основания, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик.

- **критерий оценки технического состояния:** Установленное проектом или нормативным документом количественное или качественное значение параметра, характеризующего деформативность, несущую способность и другие нормируемые характеристики строительной конструкции и грунтов основания.

- **оценка технического состояния:** Установление степени повреждения и категории технического состояния строительных (элементов) конструкций сооружений в целом, включая состояние грунтов основания, на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

- **поверочный расчет:** Расчет существующей конструкции и (или) грунтов основания по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации: геометрических параметров конструкций, фактической прочности строительных материалов и грунтов основания, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

- **нормативное техническое состояние:** Категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

- **работоспособное техническое состояние:** Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.

- **ограниченно-работоспособное техническое состояние:** Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или

опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).

- **аварийное состояние:** Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

- **общий мониторинг технического сооружений:** Система наблюдения и контроля, проводимая по определенной программе, утверждаемой заказчиком, для выявления объектов, на которых произошли значительные изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций или крена, и для которых необходимо обследование их технического состояния (изменения напряженно-деформированного состояния характеризуются изменением имеющихся и возникновением новых деформаций или определяются путем инструментальных измерений).

- **мониторинг технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий:** Система наблюдения и контроля, проводимая по определенной программе на объектах, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, для контроля их технического состояния и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния.

- **мониторинг технического состояния сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии:** Система наблюдения и контроля, проводимая по определенной программе для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия, в случае необходимости, экстренных мер по предотвращению его обрушения или опрокидывания, действующая до момента приведения объекта в работоспособное техническое состояние.

- **мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений:** Система наблюдения и контроля по определенной программе для обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований или крена, которые могут повлечь за собой переход объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

- **текущее техническое состояние сооружений:** Техническое состояние сооружений на момент их обследования или проводимого этапа мониторинга.

- **Динамические параметры сооружений:** параметры сооружений, характеризующие их динамические свойства, проявляющиеся при динамических нагрузках, и включающие в себя периоды и декременты собственных колебаний основного тона и обертонов, передаточные функции объектов, их частей и элементов и др.

- **текущие динамические параметры сооружений:** Динамические параметры сооружений на момент их обследования или проводимого этапа мониторинга.

- **восстановление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих доведение эксплуатационных качеств конструкций, пришедших в ограниченно работоспособное состояние, до уровня их первоначального состояния, определяемого соответствующими требованиями нормативных документов на момент проектирования объекта.

- **усиление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая грунты основания, по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями.

- **моральный износ сооружения:** Постепенное (во времени) отклонение основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации сооружений.

- **физический износ сооружения:** Ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами.

- **система мониторинга технического состояния несущих конструкций:** Совокупность технических и программных средств, позволяющая осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах строительных конструкций (геодезические, динамические, деформационные и др.) с целью оценки технического состояния сооружения.

- **система мониторинга инженерно-технического обеспечения:** Совокупность технических и программных средств, позволяющая осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах работы системы инженерно-технического обеспечения сооружения с целью контроля возникновения в ней дестабилизирующих факторов и передачи сообщений о возникновении или прогнозе аварийных ситуаций в единую систему оперативно-диспетчерского управления города.

Приложение В (справочное)

Примеры систем мониторинга

В.1 В качестве примера на рисунке В1 показана структурная схема автоматизированной системы мониторинга напряженно-деформированного состояния пролетного строения и опор моста во время строительства методом продольной подвижки.

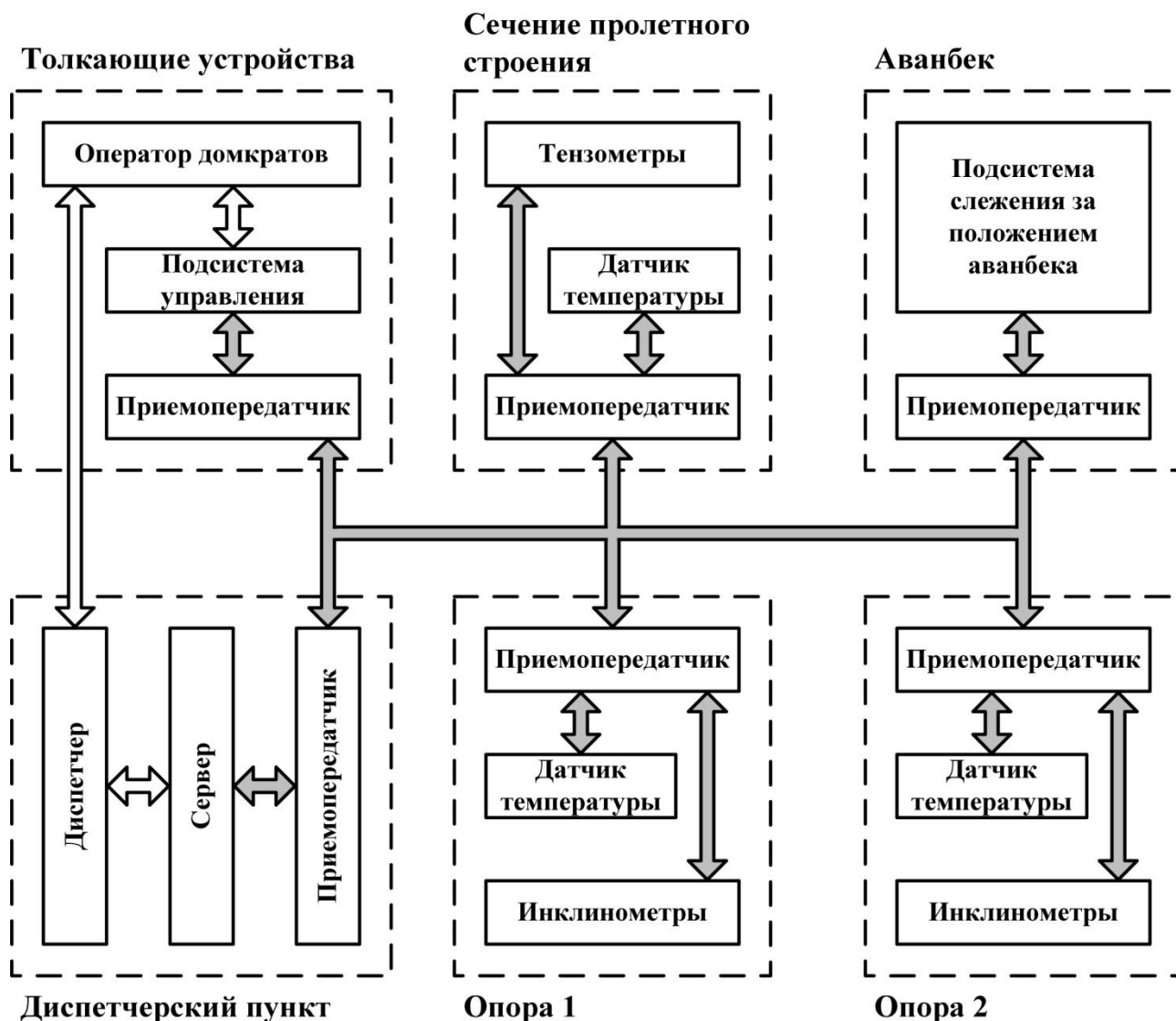


Рисунок В.1 – Структурная схема системы мониторинга состояния пролетного строения и опор моста в процессе строительства методом подвижки

Контроль состояния конструкций в процессе производства работ осуществляется на основе показаний датчиков, установленных на двух опорах, в сечении пролетного строения и на аванбеке. В случае необходимости количество контролируемых опор и сечений может меняться.

В состав измерительного комплекта входят:

- тензометры для определения механических напряжений в наиболее нагруженном сечении (сечениях) пролетного строения;
- инклинометры для определения отклонения опор от вертикальной оси в процессе работы толкающих домкратов;
- датчики для последующего учета температурных изменений;
- спутниковые навигационные модули для фиксации отклонения положения аванбека от теоретической траектории в плане и по высоте.

В непосредственной близости от места производства работ на строительной площадке устанавливается диспетчерский пункт, в котором располагается диспетчер и оборудование, необходимое для управления системой мониторинга. На сервере устанавливается специальное программное обеспечение, осуществляющее сбор данных, их обработку и запись в базу данных.

С помощью программного обеспечения производится централизованный опрос всех датчиков с периодом, заданным в проекте мониторинга. Обмен запросами между элементами системы происходит по радиоканалу с помощью приемопередающей аппаратуры. Данные, полученные от датчиков, в автоматическом режиме сравниваются с расчетными и предельными допустимыми значениями. В случае превышения заранее установленных пороговых значений диспетчеру подается соответствующий сигнал. Далее диспетчер передает сигнал остановки надвижки оператору, который осуществляет выключение домкратов. В целях максимально быстрой реакции на превышение предельных значений может быть настроено автоматическое отключение толкающих домкратов. В этом случае сигнал остановки формирует программа после обработки полученных от датчиков данных.

Таким образом, с помощью данной системы мониторинга осуществляется оперативное управление процессом производства работ. При этом данные, полученные в ходе отдельных этапов надвижки, сохраняются в базе данных для возможности последующей обработки и формирования необходимой отчетной документации.

В.2. Примерный состав оборудования, которое может применяться для мониторинга состояния эксплуатируемого вантового моста, показан на рисунке В.2.

Состояние пилонов оценивается с помощью инклинометров и спутниковых навигационных модулей. Инклинометры, установленные в нескольких точках, будут передавать информацию о конфигурации пилонов по высоте. Положения верхних точек пилонов будут определяться с помощью навигационных модулей.

Изменение натяжения вант определяется на основе анализа частот их собственных колебаний, которые измеряются с помощью акселерометров.

С помощью тензометров контролируется напряженно-деформированное состояние пролетного строения.

Метеостанция передает информацию о погоде для возможности последующего анализа данных, полученных в разных условиях.

Для определения положения временной нагрузки на мосту используются видеокамеры.

Все установленные приборы объединяются в единую сеть с помощью общей шины, которая прокладывается в диспетчерский пункт и подключается к серверу. При этом между сервером и датчиками могут устанавливаться дополнительные блоки (на рисунке не показаны), осуществляющие управление обособленными группами датчиков, предварительную обработку данных и т.п.

Сбор, обработка и накопление данных производятся с помощью программного обеспечения, установленного на сервере.

Информация о состоянии конструкций доступна не только диспетчеру, но и всем заинтересованным организациям, для которых настроена ретрансляция результатов измерений через сеть Интернет (рисунок 1).

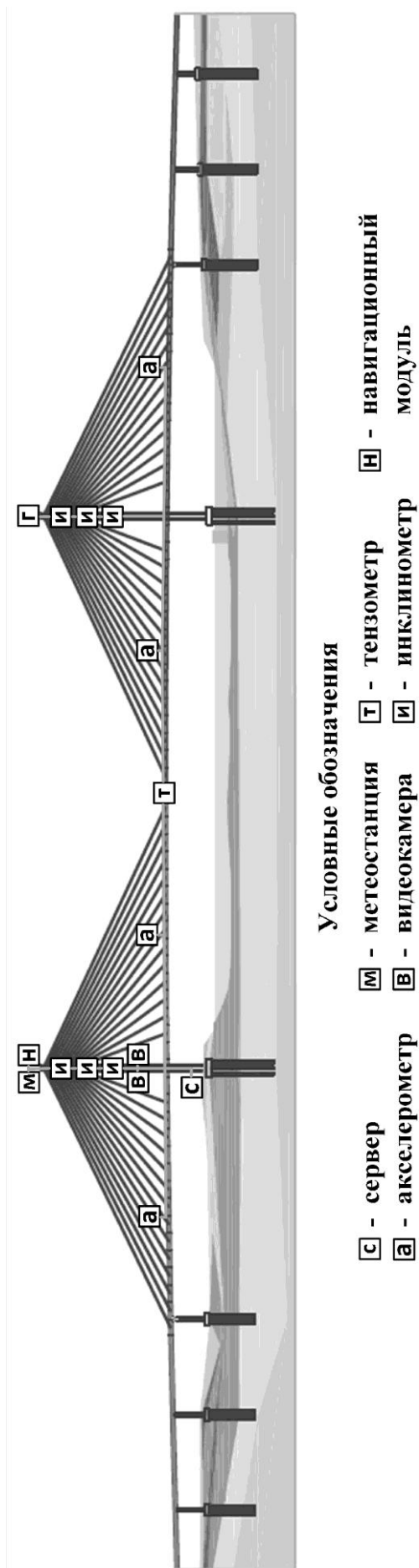


Рисунок В.2 – Схема расположения оборудования системы мониторинга на эксплуатируемом мосту

Приложение Г (обязательное)

Проведение динамического мониторинга

Целью проведения измерений в процессе вибродиагностики моста является получение инструментальной информации, которая в максимальной степени характеризует его техническое состояние. Наиболее полным видом информации, получаемым при проведении динамической диагностики мостов, является амплитудо-фазо-частотная характеристика (АФЧХ) динамического прогиба в размерности МЕТР прогиба/ТОННА динамического усилия (М/Т). Эта передаточная функция является целевой, как при разработке МКЭ-моделей сооружений, так и при проведении работ на мосту. Матрица передаточных функций для множества точек позволяет получить достаточно полную информацию о спектре форм колебаний (мод), которыми обладает данное сооружение в данном состоянии, и является динамическим паспортом моста.

Последовательность чередования форм колебаний, их частотные диапазоны и амплитуды колебаний информационно-значимых точек сооружения, функционально зависят от ряда факторов, наиболее важными являются:

- параметры, определяющие прочность элементов сооружения;
- особенности расчетных схем работы, как сооружения в целом, так и его узлов, включая фактическую схему взаимодействия с основаниями;
- состояние элементов соединений (узлов);
- наличие конструктивных, технологических или эксплуатационных дефектов;
- климатические условия;
- другие факторы, устанавливаемые в процессе работы.

При разработке схемы измерений следует учитывать конструктивные особенности исследуемого моста и расчетные условия взаимодействия его конструктивных элементов. Основные факторы, влияющие на разработку схемы измерений:

- любое мостовое сооружение является достаточно сложной пространственной конструкцией, которая обладает индивидуальной частотно-зависимой последовательностью пространственных (трехмерных) форм собственных колебаний;
- взаимодействие его конструктивных частей может определяться схемой жесткой или упругой заделки, неподвижного и подвижного шарнирного соединения;
- большинство несущих конструктивных элементов моста могут рассматриваться, как композитные;
- влияние грунтов основания и насыпей подходов на расчетную схему работы сооружения;
- наличие видимых и невидимых дефектов в элементах моста.

Это приводит к тому, что при разработке схемы проведения измерений, необходимо предусматривать возможность поэтапного исследования особенностей работы сооружения, с тем, чтобы экспериментальные данные каждого этапа измерений могли дополнять друг друга и составлять общую картину динамического отклика сооружения. Все этапы этого исследования могут выполняться в произвольной последовательности, рекомендуемая последовательность приводится ниже.

1-й этап измерений проводится с проезжей части. Измерения делаются на всех пролетных строениях моста. Эти данные наиболее доступны, как не требующие предварительной подготовки или наличия устройств, в виде смотровых подмостей, лестниц и т.д. С другой стороны, при проведении работ на проезжей части моста должны предусматриваться измерения не только в плоскости действия основных постоянных и временных нагрузок, но и в поперечном и продольном направлениях. Последние позволяют оценить жесткость сооружения в горизонтальной плоскости и жесткость на кручение. Это даст возможность сделать предварительные выводы о продольной или поперечной жесткости опор и работоспособности опорных частей, степени заклинивания береговых пролетных строений со стороны насыпей подходов. Для более полной оценки работоспособности пролетных строений, замеры должны проводиться по каждому продольному силовому элементу (балка, ферма), а также в промежуточных точках (плита проезжей части, консоль тротуара и т.д.) по нескольким сечениям. Количество исследуемых сечений определяется наличием и преобладанием асимметричных (в продольном направлении) форм собственных колебаний пролетных строений. Наличие в спектре отклика сооружения таких форм

колебаний определяется, либо по данным постановочного эксперимента, либо при анализе предварительной МКЭ-модели.

2-й этап измерений, в зависимости от особенностей конструкции моста, проводится на элементах нижнего пояса силовых конструкций пролетных строений, ригелях и насадках опор, элементах опорных частей, опорах и т.д.

3-й этап измерений, в случае необходимости, проводится для решения частных задач, если проведенный комплекс измерений недостаточен.

Режимы нагружения (для активной вибродиагностики)

Режим нагружения определяется следующими основными параметрами:

Частотным диапазоном, в котором проявляются наиболее низкочастотные формы собственных колебаний сооружения.

Необходимый частотный диапазон может быть определен на основе анализа предварительной МКЭ-модели моста или определен опытным путем.

Амплитудой вынуждающего усилия, передаваемого на исследуемое сооружение для возбуждения в нем определенной последовательности чередования форм колебаний.

Амплитуда вынуждающего усилия определяется опытным путем и должна быть достаточной для подавления шумового (фонового) воздействия. По двум-трем испытаниям с последовательным увеличением амплитуды воздействия можно судить о линейности работы пролётного строения.

Продолжительностью воздействия, также определяемой опытным путем и зависящей от длины и массы пролетных строений, вовлеченных в процесс колебаний, а также от величины фонового воздействия.

Точкой установки возбудителя колебаний на пролетном строении. В большинстве случаев это геометрический центр проезжей части, но при преобладании асимметричных форм колебаний пролетного строения, это может быть 1/4 длины пролета или другая точка, что определяется по предварительной МКЭ-модели или опытным путем.

Направленность сканирования по частоте - монотонно возрастающая или монотонно убывающая по частоте развертка. Основным режимом является монотонное возрастание по частоте.

Математический анализ отклика сооружения проводится в несколько взаимосвязанных этапов:

На этапе предварительного моделирования разрабатываются, как правило, только МКЭ-модели пролетных строений, для этого используется проектная документация или данные обмеров (приложение 5). Целью этого этапа является получение последовательности собственных форм колебаний пролетного строения. Эти данные используются для разработки программы измерений и режимов нагружения.

Адаптация МКЭ-модели сооружения производится на основе экспериментальных данных, полученных после проведения динамической диагностики, осмотра сооружения и установления причин различия теоретических и экспериментальных данных. Основными причинами могут являться:

- изменение расчетной схемы работы сооружения (заклинивание опорных частей, неравномерное опирание балок пролетного строения, нарушение взаимодействия пролетных строений с насыпями подходов, неразрезность слоев дорожной одежды между пролетами и т.д.);
- особенности работы опор, фундаментов и оснований;
- климатические условия проведения испытаний.

Адаптация достигается исследованием количественной оценки отдельных факторов на несоответствие теоретических и экспериментальных данных, затем методом последовательных итераций производится адаптация МКЭ-модели сооружения по экспериментальным данным.

В процессе итерационной адаптации производится усложнение предварительной модели - введение в модель всех пролетных строений, опор, фундаментов и оснований. В конечном итоге разрабатывается полномасштабная математическая модель сооружения.

Конечной целью адаптации МКЭ-модели является получение матрицы теоретических передаточных АФЧХ динамических прогибов, соответствующей матрице АФЧХ, полученной при проведении экспериментальных работ на мосту.

Оценка грузоподъемности моста проводится с учетом действующей нормативной базы. Для этих целей адаптированная МКЭ-модель сооружения изменяется для соблюдения условий проведения расчета по 1-му или 2-му предельному состоянию.

Одновременно производится оценка факторов, повлиявших на изменение расчетной схемы работы моста и его отдельных элементов. Факторы, снижающие несущую способность, сохраняются, а повышающие несущую способность, исключаются из МКЭ-модели.

Учитывается нормативное или фактическое значение динамического коэффициента для подвижных нагрузок.

Библиография

- [1] МГСН 3.01.01-96 Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве.
- [2] МГСН 2.04-97 Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции.
- [3] МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения.
- [4] МГСН 2.08-01 Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий
- [5] МГСН 3.01-01 Жилые здания.
- [6] СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
- [7] СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ.
- [8] СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
- [9] ТР 182-06 Технические рекомендации по проведению научно-технического сопровождения строительства большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений.
- [10] Методика МЧС Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений
- [11] МГСН 2.10 - 04 Временные нормы и правила обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений в городе Москве
- [12] ВСН 4-81 Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах
- [13] ОДН 218.017-03 Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций
- [14] ВСН 37-84 Инструкция по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ