ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59943— 2021

Дороги автомобильные общего пользования

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Правила проектирования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «ГЕО-ПРОЕКТ» (ООО «ГЕО-ПРОЕКТ») совместно с «Научно-исследовательским институтом мостов и гидротехнических сооружений» (ООО «НИИ МИГС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2021 г. № 1744-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Основные положения 5
5 Порядок проектирования 6
6 Общие требования к проектированию 8
7 Классификация систем мониторинга 10
8 Требования к составу контролируемых параметров и средствам измерений 11
9 Требования к структуре системы мониторинга 12
10 Требования к сбору, обработке, хранению и использованию результатов измерений 13
11 Требования к организации процесса мониторинга 15
Библиография 17

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Правила проектирования

Automobile roads of general use. Systems of monitoring bridges. Design rules

Дата введения — 2022—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на системы мониторинга мостовых сооружений и устанавливает требования к правилам их проектирования при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 27.507 Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов

ГОСТ 34.601 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания

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

ГОСТ 14254 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 33149 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях

ГОСТ Р 22.1.12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования

ГОСТ Р 27.302 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 51901.1 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем

ГОСТ Р 58137—2018 Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла

ГОСТ Р 58771 Менеджмент риска. Технологии оценки риска

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

СП 274.1325800.2016 Мосты. Мониторинг технического состояния

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на которое дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее по-

Издание официальное

ложение, на который дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аварийная ситуация:** Состояние потенциально опасного объекта, характеризующееся нарушением пределов и (или) условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию, при котором все неблагоприятные влияния источников опасности на персонал, население и окружающую среду удерживаются в приемлемых пределах посредством соответствующих технических средств, предусмотренных проектом.

3.2

автоматизированная система: Система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

[ГОСТ 34.003—90, пункт 1.1]

3.3

база данных: Совокупность взаимосвязанных данных, организованных в соответствии со схемой базы данных таким образом, чтобы с ними мог работать пользователь.

[ГОСТ 34.320—96, приложение А]

3.4

безопасность мостового 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.

[СП 274.1325800.2016, пункт 3.2]

3.5 **большие данные:** Большие массивы структурированных и неструктурированных данных, для которых в качестве определяющих характеристик выделяют объем (физический объем), скорость обработки и/или вариативность (скорость прироста и обработки данных, а также скорость получения результатов), многообразие (возможность одновременной обработки различных типов данных), которые требуют использования технологии масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа.

3.6 **внешняя система:** Автоматизированная система, не входящая в состав системы мониторинга, но при функционировании которой предусматривается информационное взаимодействие с системой мониторинга.

3.7

датчик: Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

[ГОСТ Р 51086—97, раздел 3, пункт 1]

3.8

допустимый риск: Риск, который организация и причастные стороны готовы сохранять после обработки риска для достижения своих целей.

[ГОСТ Р 51897—2011, статья 3.7.1.3]

3.9 **жизненный цикл мостового сооружения:** Период времени, в течение которого осуществляются стадии жизненного цикла сооружения — инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация, ремонты, реконструкции, демонтаж.

3.10

интеллектуальная транспортная система; ИТС: Система управления, интегрирующая современные информационные и телематические технологии и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта.

[ГОСТ Р 56829—2015, статья 2.1]

3.11 **интеллектуальный анализ данных:** Совокупность способов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений.

3.12 **канал передачи данных:** Набор технических средств и среда распространения сигналов для двухсторонней передачи информации от отправителя к получателю.

3.13

комплект ЗИП: Комплект запасных частей, инструментов и принадлежностей, предназначенных для обеспечения эксплуатации (ремонта и технического обслуживания) изделия.

[ГОСТ 27.507—2015, статья 3.1]

3.14

мониторинг технического состояния (мониторинг) мостового сооружения: Технология информационного обеспечения принятия решений по управлению параметрами состояния мостового сооружения на всех стадиях жизненного цикла, реализуемая посредством систематического или периодического слежения (наблюдения) за техническим состоянием конструкций или деформациями мостового сооружения в целом или отдельными наиболее ответственными элементами.

[СП 274.1325800.2016, пункт 4.1]

3.15

мостовое сооружение: Инженерное дорожное сооружение (мост, путепровод, эстакада и др.), устраиваемое при пересечении транспортного пути с естественными или искусственными препятствиями; часто заменяется термином «мост».

[ГОСТ 33178—2014, статья 3.1]

3.16

надежность системы: Свойство системы сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в соответствии с заданными целями и условиями применения.

[ГОСТ Р 27.015—2019, статья 4.1]

3.17 **напряженно-деформированное состояние:** Совокупность напряжений и деформаций, возникающих в элементах конструкции при воздействии постоянных и временных нагрузок и воздействий.

3.18 **нештатная ситуация:** Сочетание условий и обстоятельств при эксплуатации объекта, отличающихся от предусмотренных проектами, нормами и регламентами и ведущих к возникновению опасных состояний объекта.

Примечание — В число нештатных ситуаций входят ситуации с отклонением от нормальных (штатных) условий эксплуатации и аварийные ситуации. Нештатные ситуации анализируют, в том числе при анализе рисков.

3.19

окружающая застройка: Существующие здания и сооружения, инженерные и транспортные коммуникации, расположенные вблизи объектов нового строительства или реконструкции.

[СП 22.13330.2016, пункт 3.23]

3.20

оптимальный риск: Риск, уровень которого ниже допустимого (приемлемого), устанавливается по определенным параметрам участков автомобильных дорог в целях повышения их надежности и безопасности.

[ГОСТ Р 58137—2018, статья 3.1.15]

3.21

оценка риска: Процесс, охватывающий идентификацию риска, анализ риска и сравнительную оценку риска.

[ГОСТ Р 51897—2011, статья 3.4.1]

3.22

потребительские свойства мостового сооружения: Параметры, отражающие функциональные (грузоподъемность, пропускная способность, безопасность движения и долговечность), технологические, социально-экономические, экологические, противопожарные и другие свойства мостового сооружения.

[СП 79.13330.2012, пункт 3.14]

3.23 **программа мониторинга:** Документ, определяющий совокупность работ по контролю процессов, протекающих в конструкциях искусственного сооружения и грунте, выполнение которых гарантирует решение задач мониторинга для достижения его целей.

3.24 **регламент экстренных действий:** Документ, в котором перечислены и описаны действия персонала эксплуатирующей организации при возникновении нештатных ситуаций, направленные на сохранение здоровья людей, снижение размеров материальных потерь и ущерба окружающей среде, а также на локализацию зон возникновения опасных ситуаций и прекращение действия опасных факторов, характерных для этих зон.

3.25 **режим реального времени:** Режим обработки информации, при котором обеспечивается взаимодействие системы мониторинга с внешними по отношению к ней процессами (процесс изменения напряженно-деформированного состояния конструкции, процесс изменения параметров окружающей среды и т.д.) на скоростях, соизмеримых со скоростью протекания этих процессов.

3.26

структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений: Построенная на базе программно-технических средств система, предназначенная для осуществления мониторинга технологических процессов и процессов обеспечения функционирования оборудования непосредственно на потенциально-опасных объектах, в зданиях и сооружениях и передачи информации об их состоянии по каналам связи в дежурно-диспетчерские службы этих объектов для последующей обработки с целью оценки, предупреждения и ликвидации последствий дестабилизирующих факторов в реальном времени, а также для передачи информации о прогнозе и факте возникновения чрезвычайных ситуаций, в том числе вызванных террористическими актами, в единую дежурно-диспетчерскую службу.

[ГОСТ Р 22.1.12—2005, статья 3.35]

3.27

средство измерений: Техническое средство, предназначенное для измерений.

[[1], статья 2.21]

3.28

уровень риска: Мера риска или комбинации нескольких видов риска, характеризуемая последствиями и их вероятностью.

[ГОСТ Р 51897—2011, статья 3.6.1.8]

3.29 **цифровой двойник:** Цифровая модель реального объекта, в которой используются постоянно обновляемые данные об оригинале и его аналогах, позволяющие моделировать и прогнозировать состояние оригинала для оптимизации процесса эксплуатации объекта.

3.30 **этап наблюдений (контроля):** Организационно выделенная часть процесса эксплуатации системы мониторинга, в ходе выполнения которой могут быть решены отдельные задачи мониторинга.

4 Основные положения

4.1 Мониторинг технического состояния мостового сооружения организован для выполнения следующих целей:

- обеспечение требуемого уровня безопасности с учетом действующих технических регламентов [2], в том числе уменьшение риска, связанного с причинением вреда жизни и здоровью граждан, окружающей застройке, имуществу и окружающей среде;
- повышение эффективности процессов технического обслуживания мостового сооружения.

4.2 Основными задачами мониторинга являются:

- оценка напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов и всего сооружения, а также кинетики его изменения с учетом имеющихся дефектов и повреждений локального и распределенного характера;
- анализ и оценка степени соответствия несущей способности сооружения внешним воздействиям в рассматриваемый момент времени и на прогнозируемый период, прогнозирование долговечности сооружения при заданных внешних воздействиях и происходящих процессах деградации;
- разработка альтернативных стратегий по изменению состояния сооружения до проектного или требуемого уровня (ремонт, восстановление, усиление, реконструкция, замена), то есть восстановление или улучшение потребительских свойств сооружения;
- выбор и реализация наиболее рациональной стратегии изменения состояния сооружения.

4.3 В качестве объектов мониторинга необходимо рассматривать следующие мостовые сооружения:

- имеющие длину хотя бы одного из пролетов более 100 м;
- с опорами высотой более 15 м;
- с заглублением подземной части плиты ростверка ниже планировочной отметки земли более чем на 10 м;
- с наличием консольной части пролетного строения длиной более 20 м;
- в условиях плотной городской застройки при расположении конструктивных элементов ближе 20 м от существующих зданий и сооружений;
- с металлическими и железобетонными конструкциями, в которых применено их дополнительное предварительное напряжение (регулирование усилий);
- с железобетонными конструкциями, в которых возможна большая неопределенность длительных процессов, связанных с ползучестью, усадкой и температурными деформациями;
- с внешне статически неопределимыми конструкциями, в которых возможно появление дополнительных усилий, деформаций и осадок из-за геологических, гидрологических, оползневых и сейсмических явлений;
- эксплуатируемые в особых условиях, характеризующихся наличием неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов (карст, суффозия, горные подработки, оползни и т.д.), сейсмических, динамических, вибрационных и других воздействий, специфических грунтов (просадочных, набухающих, засоленных и др.);
- проектной документацией на которые предусмотрено использование конструкций и конструктивных систем, требующих применения нестандартных методов расчета, разработки специальных методов расчета или экспериментальной проверки на физических моделях;
- после строительства, реконструкции или ремонта, несущие конструкции которых выполнены с использованием новых (применяемых впервые) технологий, конструкций и материалов;

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

- техническое состояние которых признано ограниченно-работоспособным или аварийным в случае необходимости установления причин возникновения и динамики развития дефектов, прогноза их развития, оценки необходимости ремонта и его эффективности;

- на дорогах, предназначенных для совмещенного движения автомобильного и железнодорожного транспорта;

- новые или эксплуатируемые типовые, результаты мониторинга которых могут быть экстраполированы на все подобные сооружения;

- в процессе дальнейшей эксплуатации которых запланировано существенное повышение интенсивности движения и изменение состава транспортного потока (частый пропуск тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств).

Основанием для организации мониторинга технического состояния также может являться отсутствие проектной документации на эксплуатируемое мостовое сооружение.

5 Порядок проектирования

5.1 Решение об организации процесса мониторинга должен принимать заказчик (владелец, балансодержатель мостового сооружения) на основе:

- проектной документации на мостовое сооружение;

- отчетов по обследованиям, испытаниям и диагностике мостового сооружения;

- отчетов по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам;

- отчетов организаций, осуществляющих техническую эксплуатацию автомобильных дорог и искусственных сооружений на них.

Решение об организации мониторинга может быть принято на любой стадии жизненного цикла сооружения.

5.2 После принятия решения об организации процесса мониторинга должно быть выполнено проектирование системы мониторинга. Процедура выбора исполнителя для выполнения работ по проектированию может осуществляться на конкурсной основе.

5.3 Основным документом, регулирующим правовые и финансовые отношения при проектировании системы мониторинга, должен быть договор, заключаемый заказчиком с привлекаемой им для проектирования организацией.

5.4 Обязательным приложением к договору, определяющим требования и порядок создания (развития или модернизации) системы мониторинга, является техническое задание. Состав технического задания следует формировать в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602. Техническое задание составляет и утверждает заказчик.

5.5 В общем случае при проектировании системы мониторинга должны быть предусмотрены следующие этапы работ: разработка проектных решений по системе и ее частям; разработка документации на систему и ее части; разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования системы и (или) технических требований (технических заданий) на их разработку; разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта строительства; разработка рабочей документации на систему и ее части; разработка и (или) адаптация программ.

5.6 При разработке проектных решений по системе и ее частям разрабатывают общие решения, в том числе по функционально-алгоритмической структуре системы, функциям персонала и организационной структуре, структуре технических и измерительных средств, алгоритмам решений задач и применяемым технологиям, организации и ведению баз данных, системе классификации и кодирования информации, программному обеспечению.

5.7 При разработке документации на систему и ее части выполняют разработку, оформление, согласование и утверждение документации в объеме, необходимом для описания полной совокупности принятых проектных решений и достаточном для дальнейшего выполнения работ по созданию системы мониторинга.

5.8 При разработке и оформлении документации на поставку изделий для комплектования системы и (или) технических требований (технических заданий) на их разработку осуществляют подготовку и оформление документации на поставку изделий для комплектования системы мониторинга, определение технических требований и составление технических заданий на разработку изделий, не изготавливаемых серийно.

5.9 Этап разработки заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта строительства включает в себя разработку, оформление, согласование и утверждение заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта строительства для проведения строительных, электротехнических, санитарно-технических и других подготовительных работ, связанных с созданием системы мониторинга.

5.10 При разработке рабочей документации на систему и ее части состав документации должен включать в себя необходимые и достаточные сведения для обеспечения выполнения работ по вводу системы мониторинга в действие и ее эксплуатации, а также для поддержания уровня эксплуатационных характеристик (качества) системы в соответствии с принятыми проектными решениями, ее оформление, согласование и утверждение.

На этапе разработки и (или) адаптация программ осуществляют разработку программных средств системы, выбор, адаптацию и (или) привязку приобретаемых программных средств, разработку программной документации.

5.11 Указанные в 5.5 этапы работ могут быть выполнены в несколько стадий. При этом допускается исключать, объединять или добавлять отдельные этапы в зависимости от целей и задач мониторинга. Стадийность проектирования определяет заказчик (в том числе в соответствии с требованиями ГОСТ 34.601), а устанавливают в договоре на выполнение проектных работ и конкретизируют в техническом задании.

5.12 В случаях, когда проектирование системы мониторинга осуществляется в рамках подготовки проектной документации на мостовое сооружение в соответствии с [3], проектная документация на систему мониторинга должна быть включена в состав раздела «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения», а затраты на ее проектирование и устройство — в раздел «Смета на строительство».

5.13 Состав разрабатываемой документации определяет заказчик в зависимости от конкретных условий и уточняет в техническом задании. В общем случае перечень должен содержать следующие документы:

- пояснительная записка, включающая описание мостового сооружения, общее описание системы и отдельных технических средств, описание различных видов обеспечения, описание алгоритмов обработки данных и алгоритмов принятия решений;
- отчет по результатам оценки риска;
- схема организационной структуры;
- схема структурная комплекса технических средств;
- схема функциональной структуры;
- схема принципиальная;
- технические задания на разработку специализированных (новых) технических средств;
- задания на разработку строительных, электротехнических, санитарно-технических и других разделов проекта, связанных с созданием системы;
- чертеж общего вида;
- чертеж установки технических средств;
- план расположения оборудования и проводок;
- схема соединений внешних проводок;
- схема подключения внешних проводок;
- таблица соединений и подключений;
- перечень входных сигналов и данных;
- перечень выходных сигналов (документов);
- спецификация оборудования, изделий и материалов;
- ведомости оборудования, материалов и покупных изделий;
- ведомость запасных частей, инструментов и принадлежностей (ведомость ЗИП);
- сметная документация;
- описание программ (исходные коды/тексты в среде разработки), руководство пользователя программного обеспечения, включающее сведения по формированию и ведению баз данных;
- инструкция по эксплуатации системы, включающая сведения о мероприятиях по проверке работоспособности, обслуживанию (графики ревизий, графики поверки и калибровки средств измерений и т.п.) и ремонту элементов системы;
- регламент экстренных действий;
- программа и методика испытаний (отдельных элементов и системы в целом);
- паспорт.

5.14 В случаях, когда предполагаемое функционирование системы мониторинга ограничено по времени, объем работ по вводу системы в действие незначителен и проектируемая система является технически несложной (состоит из типовых элементов, применяются стандартные протоколы обмена данными и т.п.), заказчиком может быть принято решение об организации мониторинга на основе программы мониторинга (без выполнения этапов работ по 5.4). Программу мониторинга разрабатывает привлекаемая для проектирования организация, порядок ее оформления и согласования указывают в техническом задании. Содержание программы мониторинга следует принимать в соответствии с СП 274.1325800.2016 (пункт 6.1) или [4] (пункт 5.8).

6 Общие требования к проектированию

6.1 В качестве исходных данных для проектирования системы мониторинга необходимо использовать требования технического задания. Указанные требования следует разрабатывать на основе положений настоящего стандарта. Требования должны содержать (полностью или частично) следующие сведения:

- цели и задачи мониторинга;
- описание мостового сооружения, включая конструктивную схему и особенности эксплуатации;
- сведения об инженерно-геологических, климатических, гидрологических, гидрогеологических, техногенных условиях места размещения мостового сооружения, об окружающей обстановке и других особенностях;
- прогноз развития опасных геологических и гидрогеологических процессов, особых и сложных природно-техногенных условий;
- оценка текущего состояния мостового сооружения по результатам проведенных инструментальных обследований;
- описание изменения состояния мостового сооружения при воздействии нормативных и расчетных нагрузок;
- перечень параметров состояния и измеряемых физических величин, диапазоны измерения и интервалы между измерениями значений этих величин, требования к показателям точности их измерения;
- пороговые значения параметров состояния мостового сооружения, ранжированные по типам состояния или иным признакам;
- сценарии формирования сообщений о событиях и реагирования на них;
- рекомендации по структуре, технологиям и методам измерений;
- рекомендации к расположению точек контроля (схема размещения датчиков);
- порядок сбора, хранения и передачи информации;
- требования к формам отображения данных, их масштабируемости, восстанавливаемости;
- требования по информационной безопасности и разграничению правил доступа (защищенности);
- порядок (алгоритмы) контроля, оценки и прогноза состояния мостового сооружения;
- рекомендации по повышению надежности результатов измерений;
- рекомендации по способам монтажа технических средств мониторинга на мостовом сооружении;
- рекомендации по обеспечению сохранности технических средств мониторинга;
- сведения о системах связи и электроснабжения мостового сооружения;
- сведения о ранее созданной сети (сетях) наблюдения или иных установленных на мостовом сооружении автоматизированных системах мониторинга, возможности и условиях использования их элементов и/или результатов ранее выполненных наблюдений в целях организации мониторинга;
- требования к сопровождению;
- иные требования, устанавливаемые заказчиком.

6.2 При проектировании системы мониторинга может быть выполнена оценка риска в соответствии с ГОСТ Р 27.302, ГОСТ Р 51901.1, ГОСТ Р 58137, ГОСТ Р 58771. При отсутствии требований по оценке риска в техническом задании на проектирование системы мониторинга, необходимость такой оценки определяет привлекаемая к проектированию организация в зависимости от целей и задач мониторинга.

6.3 В процессе оценки риска на основе исходных данных должны быть выделены опасные события и соответствующие им негативные последствия, для которых с помощью проектируемой системы мониторинга могут быть снижены вероятности возникновения и (или) наносимый вред для жизни и

здоровья граждан, мостового сооружения, окружающей застройки и окружающей среды с учетом требований ГОСТ 33149.

6.4 Для расчета риска могут использоваться значения для уровней вероятности опасных событий и уровней вреда в течение жизненного цикла мостового сооружения, которые приведены в ГОСТ Р 58137. Мероприятия в рамках проектирования системы мониторинга должны быть направлены в первую очередь на уменьшение риска до оптимального или допустимого уровней в соответствии с таблицей 3 ГОСТ Р 58137—2018.

6.5 Автоматизацию процесса мониторинга мостовых сооружений следует осуществлять путем создания и эксплуатации автоматизированной системы, в состав которой включают технические средства, размещаемые на объектах мониторинга и в организациях, ответственных за эксплуатацию искусственных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования.

6.6 Для повышения качества проектных решений необходимо применять системы автоматизированного проектирования, содержащие в своем составе компоненты методического, программного, информационного, технического и организационного обеспечения.

6.7 Проектирование системы мониторинга следует осуществлять на основании технико-экономического сравнения вариантов реализации системы с учетом перспектив модернизации аппаратно-программных средств системы и возможности использования результатов работы системы на различных стадиях жизненного цикла мостового сооружения. В процессе технико-экономического сравнения вариантов реализации системы мониторинга могут быть использованы следующие показатели эффективности:

- уровень риска после применения системы мониторинга;
- стоимость системы мониторинга;
- стоимость ремонтных работ в течение срока службы;
- стоимость содержания в течение срока службы;
- прогнозируемый срок службы;
- периодичность ремонтов;
- длительность и сложность монтажных и пусконаладочных работ;
- соответствие современному уровню развития технологий и возможность модернизации;
- соответствие требованиям технического задания и наличие дополнительных возможностей (подключение дополнительного оборудования, инструментарий для обработки и анализа данных и т.п.);
- возможность технической поддержки со стороны производителя оборудования;
- опыт исполнителя по применению предлагаемого решения;
- опыт заказчика по контролю качества применяемого решения.

Значимость каждого показателя эффективности для формирования итоговой оценки того или иного варианта системы мониторинга задают в техническом задании либо определяет привлекаемая к проектированию организация на основе опыта реализации аналогичных систем.

6.8 При проектировании систем мониторинга должны быть использованы следующие принципы (подходы):

- системность (на всех стадиях создания и развития целостность системы должна быть обеспечена связями между компонентами системы и перечнем реализуемых задач);
- совместимость (интерфейсы системы, включая способы взаимодействия персонала, должны быть согласованы для функционирования с внешними системами);
- стандартизация (компоненты системы должны быть, по возможности, типовыми);
- законность (осуществление защитных мероприятий и разработка системы обеспечения защиты информации в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в области защиты информации);
- открытость, адаптивность (изменение, развитие, совершенствование и обновление системы в соответствии с оперативными и стратегическими потребностями без нарушения штатного режима работы системы и ее компонентов);
- эффективность (рациональное соотношение между затратами на создание системы и полученными от ее использования результатами в соответствии с 6.7);
- технологичность (использование современных технологий при проектировании системы).

6.9 При проектировании системы мониторинга использование изобретений и правовую защиту изобретений, созданных в процессе проектирования, осуществляют в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

7 Классификация систем мониторинга

7.1 Критерии классификации систем мониторинга могут относиться к отдельным подсистемам, а также к системе в целом. Обобщенная структурная схема системы мониторинга с разделением на подсистемы приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 — Обобщенная структурная схема системы мониторинга

Примечание — Назначение измерительной подсистемы — преобразование физических показателей, характеризующих напряженно-деформированное состояние конструкций мостового сооружения, в цифровой вид для последующего транслирования информации посредством подсистемы передачи данных в подсистему сбора данных. Назначение подсистемы сбора, обработки и анализа данных — обеспечение автоматизированного сбора, обработки, анализа, хранения и визуализация данных с измерительной подсистемы. Назначение подсистемы передачи данных — передача информации на различные расстояния между другими подсистемами. При этом необходимо учитывать, что в подсистеме сбора данных возможно использование многоуровневой сетевой архитектуры для диспетчерской службы, которая будет иметь свою подсистему передачи данных.

7.2 Для классификации систем мониторинга (в целом) должны быть использованы следующие критерии:

- длительность работы системы;
- назначение результатов измерений.

7.3 По длительности работы системы мониторинга подразделяют на временные и постоянные.

7.4 Временные системы мониторинга предназначены для функционирования в течение ограниченного (заранее заданного) промежутка времени (стадия строительства, календарный промежуток времени и т.п.).

7.5 Постоянные системы мониторинга предназначены для функционирования в течение всего жизненного цикла мостового сооружения после ввода системы в эксплуатацию.

7.6 По назначению результатов измерений системы мониторинга подразделяют на исследовательские, контрольные и контрольно-исследовательские.

7.7 Целью функционирования исследовательских систем мониторинга является повышение эффективности процессов технического обслуживания мостовых сооружений.

7.8 Целью функционирования контрольных систем мониторинга является обеспечение требуемого уровня безопасности в процессе строительства (ремонта, реконструкции) и эксплуатации мостовых сооружений.

7.9 Контрольно-исследовательские системы предназначены для мониторинга, который сочетает указанные цели.

7.10 Для классификации систем мониторинга относительно измерительной подсистемы должен использоваться тип измеряемых параметров. В соответствии с указанным критерием системы подразделяют на тензометрические, инклинометрические, для измерения перемещений, для измерения давления, комбинированные и т.п.

7.11 Допускается дополнительное отнесение измеряемых параметров к основным или вспомогательным в зависимости от степени их значимости.

Примечание — Основные измеряемые параметры — физические величины, значения которых необходимо получить в соответствии с измерительной задачей. Вспомогательные измеряемые параметры — физические величины, влияние которых на основные параметры или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

7.12 Для классификации систем мониторинга относительно подсистемы передачи данных должны использоваться следующие критерии:

- тип каналов передачи данных (проводная, беспроводная или комбинированная подсистема);

- количество каналов передачи данных (одноканальная, двухканальная или многоканальная подсистема);

- дальность передачи информации (подсистема в масштабах объекта, в масштабах города или глобальная).

7.13 Для классификации систем мониторинга относительно подсистемы сбора, обработки и анализа данных должны быть использованы следующие критерии:

- способ сбора измерительной информации (режим реального времени, непрерывный или периодический);

- способ обработки измерительной информации (автоматическая, в том числе с использованием искусственного интеллекта, автоматизированная или ручная);

- способ отображения информации (в виде таблиц, в виде графиков, в виде сигналов, в виде моделей);

- способ хранения информации (без сохранения информации, с частичным сохранением информации, с полным сохранением информации);

- количество уровней сетевой архитектуры диспетчерской службы (одноуровневая, двухуровневая, многоуровневая).

8 Требования к составу контролируемых параметров и средствам измерений

8.1 Перечень контролируемых параметров (перечень измеряемых физических величин), диапазоны измерения, интервалы между измерениями значений величин и требования к показателям точности необходимо формировать на основе выполнения такой последовательности действий:

- анализ условий строительства (результаты геологических изысканий, способы монтажа и т.д.);

- анализ проектной документации и результатов поверочного расчета (статическая схема, «слабые места», применяемые материалы и технические решения и т.д.);

- анализ аварийных и нештатных ситуаций, произошедших при строительстве сооружения (повреждения конструкций, изменения в проектной документации и т.д.);

- анализ аварийных и нештатных ситуаций, произошедших при эксплуатации сооружения (повреждения конструкций в результате дорожно-транспортных происшествий, резкое снижение уровня какого-либо потребительского свойства — грузоподъемности, долговечности и т.д.);

- анализ текущего состояния сооружения (стадия жизненного цикла, степень аварийности отдельных конструкций и сооружения в целом, результаты обследований и испытаний и т.д.);

- анализ внешних воздействий на сооружение (интенсивность движения, климатические условия и т.д.);

- моделирование наиболее вероятных нештатных и аварийных ситуаций (проезд тяжелого и крупногабаритного транспортного средства, повреждение в результате некачественного выполнения строительных работ и т.д.);

- составление полного перечня измеряемых параметров с учетом результатов анализа по предыдущим пунктам и существующих методик оценки значений каждого параметра при обработке результатов, а также с учетом специальных задач мониторинга;

- оптимизация состава контролируемых (измеряемых) параметров.

8.2 Указанные действия могут быть реализованы при выполнении оценки риска в соответствии с 6.2—6.4.

8.3 При моделировании различных ситуаций для детализации состава контролируемых параметров должны быть учтены:

- факторы, определяющие напряженно-деформированное состояние;

- особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием;

- пространственная работа строительных конструкций;

- геометрическая и физическая нелинейность;

- пластические и реологические свойства материалов и грунтов;

- возможность образования трещин;

- возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

8.4 Оптимизацию (поиск наиболее выгодных соотношений) состава контролируемых параметров следует осуществлять в соответствии с 9.8 (требования к надежности), а также требованиями к объ-

емам измерений и последовательности этапов наблюдений. При оптимизации необходимо учитывать технические характеристики (возможности) современного оборудования и средств измерений, а также условия монтажа и последующего технического обслуживания аппаратно-программных средств системы мониторинга.

8.5 Диапазон каждого выбранного типа средств измерений должен включать в себя предельные допустимые значения измеряемого параметра конструкции. В случаях, когда предельные допустимые значения параметра неизвестны (или их определение является задачей мониторинга), диапазон необходимо выбирать на основе экспертной оценки.

8.6 Значения погрешностей выбранных средств измерений должны обеспечивать возможность последующей оценки технического состояния конструкций, на основе полученных с соответствующей точностью результатов измерений.

8.7 Средства измерений, предназначенные для контроля основных измеряемых параметров (классификация по 7.10), подлежат первичной и периодической поверке в соответствии с требованиями [1].

9 Требования к структуре системы мониторинга

9.1 В соответствии с 7.1 функции системы мониторинга должны быть распределены между измерительной подсистемой, подсистемой передачи данных и подсистемой сбора данных. Выполнение этих функций осуществляется техническими средствами, размещаемыми на объекте мониторинга (объектовый уровень) и в эксплуатирующей организации (эксплуатационный уровень).

Примечание — На объектовом уровне располагаются технические средства измерительной подсистемы. На эксплуатационном уровне располагаются технические средства подсистемы сбора данных. Оборудование подсистемы передачи данных, как правило, распределено между объектовым и эксплуатационным уровнями.

9.2 С помощью измерительной подсистемы должны быть выполнены задачи, связанные с получением информации о напряженно-деформированном состоянии конструктивных элементов и всего сооружения, а также кинетики его изменения с учетом имеющихся дефектов и повреждений локального и распределенного характера. В общем случае структура измерительной подсистемы должна обеспечивать возможность измерения:

- параметров состояния объекта мониторинга, характеризующих изменение его пространственного, напряженно-деформированного и вибрационного состояния во времени;
- параметров окружающей среды, характеризующих внешние воздействия природного и техногенного характера, оказывающие влияние или способные привести к негативным изменениям состояния и функциональных свойств объекта.

9.3 В общем случае в состав измерительной подсистемы включены следующие компоненты:

- устройства управления (контроллеры, специализированные ЭВМ и т.п.);
- устройства предварительной обработки данных;
- средства измерений, реализованные на основе требований раздела 8;
- телекоммуникационное оборудование;
- вспомогательное оборудование.

9.4 С помощью подсистемы сбора, обработки и анализа данных должны быть выполнены задачи, связанные со сбором, обработкой, анализом, хранением и визуализацией данных.

9.5 В общем случае структура подсистемы сбора, обработки и анализа данных должна обеспечивать возможность выполнения следующих действий:

- получение данных от измерительной подсистемы;
- проверка достоверности и фильтрация данных;
- сравнение данных измерений с данными модели объекта;
- анализ и оценка степени соответствия напряженно-деформированного состояния сооружения внешним воздействиям в рассматриваемый момент времени и на прогнозируемый период;
- разработка альтернативных стратегий по изменению состояния сооружения;
- выбор и реализация наиболее рациональной стратегии по изменению состояния сооружения.

9.6 В состав подсистемы сбора данных включены следующие компоненты:

- серверный комплекс (сервер управления, видеосервер, сервер баз данных и т.п.);
- автоматизированные рабочие места;
- телекоммуникационное оборудование;
- вспомогательное оборудование.

9.7 В предусмотренных техническим заданием случаях структура системы мониторинга должна обеспечивать возможность информационного взаимодействия с внешними системами. При проектировании системы мониторинга в составе интеллектуальной транспортной системы наряду с требованиями настоящего стандарта следует руководствоваться требованиями ПНСТ 261 и [4, 5]. При проектировании системы мониторинга в составе структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений наряду с требованиями настоящего стандарта следует руководствоваться требованиями ГОСТ Р 22.1.12.

9.8 Надежность системы мониторинга (в том числе надежность данных, полученных в результате мониторинга) должна быть полностью или частично обеспечена выполнением следующих положений:

- использование комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей;
- дублирование средств измерений (датчиков);
- дублирование каналов передачи данных;
- применение специальных конструктивных решений для защиты оборудования и линий связи в период их эксплуатации от климатических воздействий, пыли, влаги, интенсивного электромагнитного излучения (в случае необходимости), вандализма и случайных механических повреждений (классификация степеней защиты — в соответствии с ГОСТ 14254; значения диапазонов климатических параметров следует принимать в соответствии с СП 131.13330.2018);
- наличие возможности автоматической остановки рабочих процессов, экстренного оповещения диспетчера о нештатной ситуации, сигнализации и т.п.;
- минимизация числа элементов системы, наиболее подверженных повреждению вследствие нахождения в зоне производства работ;
- минимизация применения способов измерения и получения информации, для выполнения которых требуется вмешательство человека;
- 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 выдачи предупреждающих сигналов диспетчеру в случаях обнаружения неполадок в системе.

9.9 Номенклатуру и количественный состав комплекта ЗИП необходимо устанавливать (рассчитывать) по критериям, указанным в техническом задании на проектирование, на основе методик, приведенных в ГОСТ 27.507. В случаях отсутствия в техническом задании на проектирование необходимых исходных данных для расчета обоснование состава комплекта ЗИП необходимо осуществлять с учетом следующих факторов:

- структура и особенности функционирования системы мониторинга;
- сроки сохраняемости составных частей комплекта ЗИП;
- планируемые способы пополнения комплектов ЗИП;
- планируемые затраты на запасные части;
- планируемый состав и квалификация персонала, эксплуатирующего систему мониторинга;
- технологии проведения работ при техническом обслуживании и ремонте;
- номенклатура и количественный состав средств измерений, которые необходимо демонтировать для периодических поверок;
- опыт эксплуатации аналогов или прототипов составных частей ЗИП.

10 Требования к сбору, обработке, хранению и использованию результатов измерений

10.1 В процессе мониторинга должна быть реализована информационная модель, показанная на рисунке 2.

10.2 Результаты работы системы мониторинга должны основываться на интеллектуальном анализе данных, последовательность действий которого показана на рисунке 3.

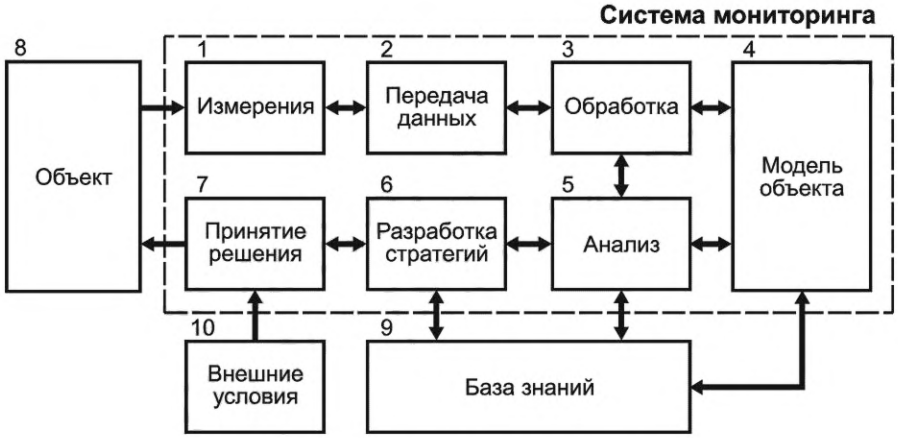


Рисунок 2 — Модель процесса мониторинга

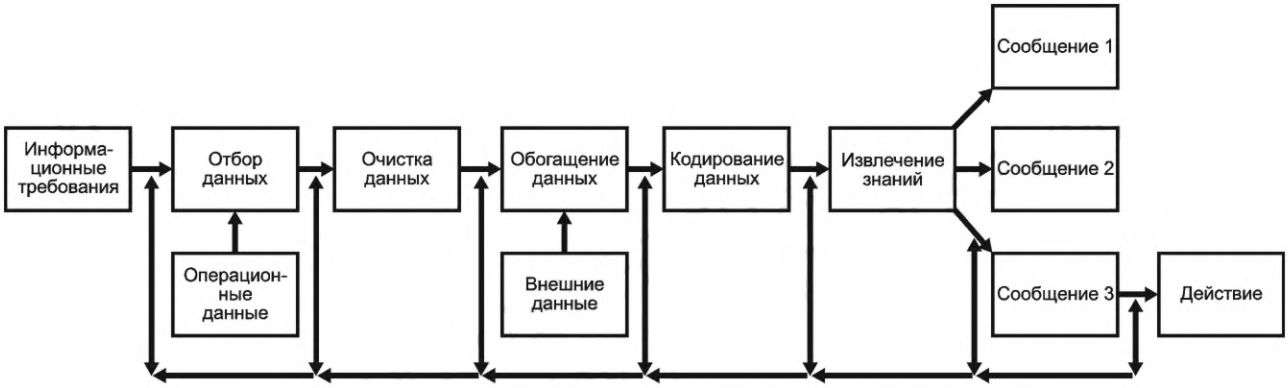


Рисунок 3 — Процесс интеллектуального анализа и обработки данных

Примечание — Указанные этапы анализа основаны на методах работы с большими данными (цифровая обработка, интеграция и визуализация данных, применение нейронных сетей, прогнозная аналитика, имитационное моделирование, пространственный и статистический анализ) и предусматривают следующие действия: 1) отбор данных — формирование подмножеств данных для дальнейшего анализа; 2) очистка данных — приведение выборки данных к единому формату (область совместимости), удаление из выборки повторяющихся данных (устранение дублирования), удаление из выборки заведомо недостоверных данных (устранение противоречий); 3) обогащение данных — добавление к записям выборки дополнительной информации, необходимой для анализа; 4) кодирование данных — преобразование данных выборки к более удобному для анализа виду; 5) извлечение знаний — сопоставление двух или более атрибутов данных выборки для выявления закономерностей (ассоциация), использование одного или нескольких атрибутов данных выборки в качестве основы для определения кластеров сходных результатов (кластеризация), определение тенденций (прогнозирование); 6) сообщение — представление результатов интеллектуального анализа данных в удобной для понимания форме (визуализация, описание результатов, оценка последствий принимаемых решений на основе дополнительных внешних условий и т.п.).

10.3 Основой процесса мониторинга должны являться модель объекта заданного уровня сложности (от предельных допустимых значений параметров до цифровых двойников) и данные измерений, получаемые в процессе мониторинга. В качестве данных для обработки и анализа должны быть использованы следующие информационные множества:

- модели состояния объекта;
- измеряемые физические величины;
- результаты измерений;
- события от источников данных;
- идентификаторы технических средств;
- модели получения и хранения данных;
- модели (алгоритмы) преобразования и обработки информации;
- параметры моделей (алгоритмов) преобразования и обработки информации;

- критерии оценки данных (распознавания состояния объекта);
- массивы данных (статические и динамические);
- форматы представления данных;
- форматы передачи данных (коммуникационные форматы);
- конфигурационные данные статического и динамического характера;
- документы.

10.4 Результат комплексной обработки данных, реализованный с помощью программного обеспечения, должен быть представлен в виде:

- систематизированной и удобной для восприятия ответственным должностным лицом информации по отдельным измеряемым параметрам или их совокупности (таблицы, графики, диаграммы и т.д.);
- визуальной и звуковой информации, характеризующей техническое состояние объекта мониторинга, поступающей ответственному должностному лицу или соответствующим службам (строительным, эксплуатационным, диспетчерским и т.п.) в виде сигналов, сообщений, уведомлений и т.п.;
- сигналов управления (сформированных и переданных в автоматическом режиме) для оборудования или внешних автоматизированных систем для реагирования на нештатные или аварийные ситуации;
- отчета установленного образца, сформированного по запросу ответственного должностного лица;
- научно-технического отчета, сформированного на основе всестороннего анализа результатов работы системы.

10.5 Порядок сбора и хранения данных измерений, а также порядок обмена результатами следует назначать, руководствуясь требованиями к виду представления результатов в соответствии с 10.4 и требованиями к необходимой скорости интерпретации этих результатов. Данную скорость указывают в техническом задании, либо назначает (рассчитывает) привлекаемая к проектированию организация в соответствии с целями и задачами мониторинга.

10.6 В соответствии с принятым порядком сбора данных измерений следует устанавливать (рассчитывать) периодичность сбора данных (снятия показаний с датчиков). При этом допускается назначение различной периодичности для разных параметров, а также изменение периодичности в процессе эксплуатации системы мониторинга в зависимости от заранее заданных условий (например, увеличение скорости опроса после аварий, опасных природных явлений, в период проведения ремонтных работ и т.п.).

10.7 Для хранения всех полученных в процессе мониторинга данных должны быть предусмотрены цифровые носители. Информация, полученная в результате сбора и обработки данных, должна быть систематизирована и помещена в общую базу данных. При этом должны быть приняты меры для однозначной идентификации источников полученной информации. С помощью программного обеспечения должны быть реализованы возможности тематического поиска и извлечения информации, хранящейся в базе данных. Конкретные форматы данных и требования к способам работы с этими данными должны быть установлены в техническом задании или назначены привлекаемой к проектированию организацией.

11 Требования к организации процесса мониторинга

11.1 Блок-схема мероприятий по организации системы мониторинга при эксплуатации мостового сооружения для общего случая показана на рисунке 4. Учитывая сложность взаимосвязей мероприятий на разных стадиях жизненного цикла объекта, функциональные связи между различными мероприятиями должны быть установлены на начальной стадии проектирования. Результаты процесса проектирования системы мониторинга должны быть интегрированы в единый проект эксплуатации мостового сооружения.

11.2 При проектировании контрольных систем мониторинга (классификация по 7.6) необходимо разрабатывать указания по организации процесса мониторинга (в том числе регламент экстренных действий для служб эксплуатирующей организации в соответствии с информационными и/или управляющими сигналами системы мониторинга). Указанный документ должен содержать определения понятий нештатной и аварийной ситуаций, а также регламентировать порядок действий ответственных лиц и служб в случаях возникновения таких ситуаций.

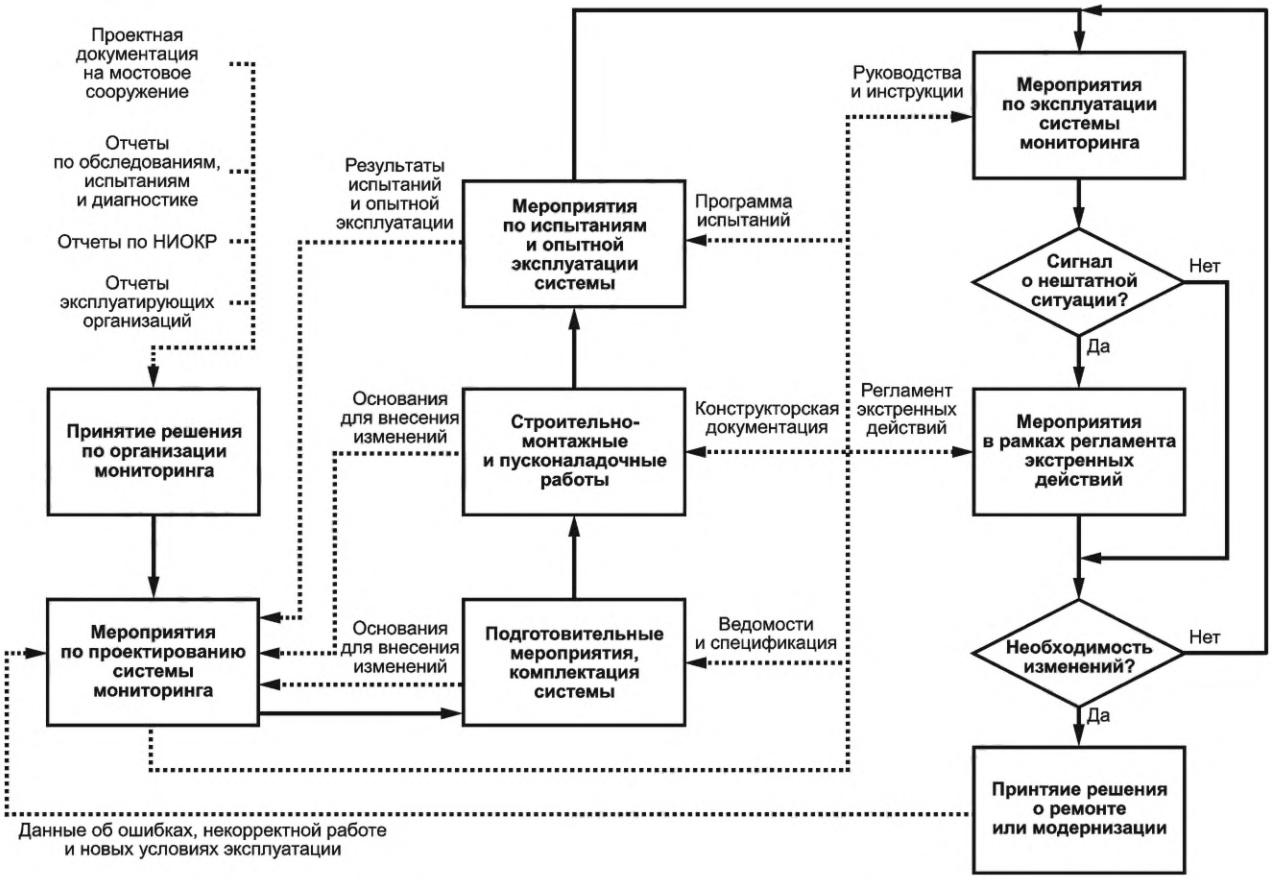


Рисунок 4 — Блок-схема мероприятий по организации системы мониторинга при эксплуатации мостового сооружения

Библиография

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» (Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 827)

[3] Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

[4] ПНСТ 261—2018 Интеллектуальные транспортные системы. Автоматизированный мониторинг искусственных сооружений автомобильных дорог и оползнеопасных геомассивов. Общие положения

[5] Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.9.015-2016 Рекомендации по организации автоматизированного мониторинга состояния искусственных сооружений автомобильных дорог в составе интеллектуальных транспортных систем

[6] Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.4.002-2008 Руководство по проведению мониторинга состояния эксплуатируемых мостовых сооружений

УДК 624.21/.8:006.354 ОКС 93.040

Ключевые слова: жизненный цикл, мониторинг, мостовое сооружение, напряженно-деформированное состояние, система.

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 10.12.2021. Подписано в печать 10.01.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,24.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru