

## ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СХЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Опыт ликвидации последствий крупных аварий и катастроф, зафиксированных за последние десятилетия, показывает, что наиболее эффективным методом снижения потерь от различного вида ЧС является их предупреждение, поэтому актуальной становится задача развития систем мониторинга и предупреждения ЧС.

В этом направлении уже предприняты некоторые шаги: подписаны Приказы Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Российской Федерации (МЧС РФ) от 27.10.2009 № 612 «О совершенствовании нормативной базы по организации систем наблюдения и контроля (мониторинга) параметров состояния зданий и сооружений и оборудования потенциально опасных объектов» и от 04.03.2011 № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» и т.д.

Кроме того, ряд организаций, используя различные методы, методики и средства, осуществляет мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций.

Руководство государственной системой экологического мониторинга, а также координация деятельности в области наблюдений состояния окружающей среды возложено на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Контролем и прогнозом событий в области гидрометеорологии занимается Росгидромет и его филиалы.

Сейсмические наблюдения и прогноз землетрясений на территории государства проводит федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений, в состав которой входят учреждения и наблюдательные сети МЧС России, Минобороны России, Российской академии наук и др.

Наблюдение за состоянием техногенных объектов, так же как и прогноз аварийности, осуществляют федеральные надзоры: Госгортехнадзор России, Госатомнадзор России и другие надзорные органы в составе федеральных органов исполнительной власти.

В организациях мониторингом объекта и прогнозом ЧС занимаются подразделения по промышленной безопасности.

Анализ ряда работ [2-5, 8, 10-12] показал, что современные системы мониторинга:

- отвечают общим требованиям, предъявляемым к системам мониторинга;
- унифицированы, используют актуальные до-

стижения науки и техники, отвечают требованиям действующих СНиП;

- поддерживают процедуры обязательной и добровольной оценки соответствия качества;

- имеют прямую взаимосвязь с системами принятия решений;

- могут быть использованы совместно с существующими системами эксплуатационного контроля и стать источником информации в масштабе реального времени;

- содержат методическое обеспечение, материальную часть, а иногда программное обеспечение и варианты по подготовке персонала;

- направлены на получение оперативной информации, необходимой и достаточной для принятия управленческих решений.

Вопросам, связанным с построением систем мониторинга для сбора и обработки информации, а также принятия оперативных решений в условиях возникновения ЧС посвящены труды многих ученых, в их числе А.О. Адамцевич, В.А. Алексеев, А.А. Волков, А.В. Измалков, А.В. Коргин, В.П. Копашина, В.В. Кульба, А.Ю. Кудрин, А.В. Толстых, П.М. Фомина, М.А. Шахрамьян, И.М. Янникова и др. [1, 2, 4, 6, 9].

На базе научно-исследовательского Московского государственного строительного университета (МГСУ) разработан проект методики динамического мониторинга зданий [2]. Динамический мониторинг представляет собой комплекс инженерно-геодезических работ, направленных на определение количественных характеристик деформационных процессов, включая колебания зданий и сооружений [7].

НИИППЛ «ПиК» МГСУ совместно с ООО «Мониторинг-Центр» подготовлен проект системы мониторинга технического состояния строительных сооружений на базе волоконно-оптических датчиков [15].

К основным преимуществам такого рода датчиков можно отнести то, что они обладают абсолютной помехозащищенностью в условиях интенсивных электромагнитных полей, которые присущи современной городской инфраструктуре, а также полной пожаро- и взрывобезопасностью из-за отсутствия электрического тока в первичном преобразователе.

**ШИЛОВА Любовь Андреевна** - главный специалист  
департамента энергетической безопасности  
и специальных программ ФГБУ «РЭА» Минэнерго России,  
аспирант ФГБОУ ВПО «МГСУ».  
Адрес: 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 40, стр.1  
e-mail: shilova@rosenergo.gov.ru

На кафедре информационно-измерительных приборов Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) ведутся работы над проектом многоканальной информационно-измерительной системы (МИИС) для мониторинга технического состояния зданий и сооружений.

Сотрудниками кафедры «Приборы и системы ориентации, стабилизации, навигации» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) разработана система мониторинга строительных конструкций и сооружений СМ-2, которая обеспечивает контроль качества монтажа через инспектирование строительных конструкций и сооружений, а также наблюдение за состоянием большепролетных и высотных зданий, мостов, эстакад и других сооружений и конструкций через постоянный мониторинг с целью своевременного выявления показаний для профилактического ремонта или модернизации и недопущения обрушения [16].

Серийный выпуск этой установки начат в 2008 г. Научно-производственным центром автоматики и приборостроения им. академика Н.А. Пилюгина.

При обзоре существующих систем наблюдения состояния объектов необходимо также отметить автоматизированную систему мониторинга технического состояния зданий и сооружений на базе геоинформационных технологий (SODIS Building M2.0 - свидетельство Роспатента № 2009612830), разработанную НПО «Современные диагностические системы». Система мониторинга разрабатывается на этапе проектирования, устанавливается в процессе строительства и используется на стадии эксплуатации для выявления негативных факторов, способствующих снижению уровня технического состояния объекта либо его разрушению на ранней стадии [17].

ЗАО «Инженерный центр ГОЧС «Базис» разработан программно-аппаратный комплекс системы мониторинга инженерных систем и конструкций, который обеспечивает автоматический мониторинг в режиме реального времени [18].

ЗАО «Триада-Холдинг» представлена оптоволоконная система непрерывного мониторинга строительных конструкций SOFO, которая контролирует напряжения, деформации в любой плоскости, раскрытие швов и трещин, а также осуществляет мониторинг развития коррозионных процессов и динамических нагрузок и др. [19].

В области пожарной, промышленной и экологической безопасности ООО НПП «Авиаинструмент» разработан программный комплекс «Русь» [20], который содержит единую базу, имеет блочное строение и в зависимости от решаемой задачи позволяет:

- сделать отдельные расчеты для формирования требуемых отчетов;
- провести расчеты в комплексе в последо-

вательности проведения анализа производственных предприятий, технологических производств, общественных зданий, наружных установок;

- осуществить анализ распределения пожароопасных материалов, веществ, пожароопасных сценариев, расчет времени эвакуации, времени блокировки и т.д.

ОАО «Информационные, инжиниринговые и телекоммуникационные услуги в строительстве» разработан метод регистрирования акустических колебаний, возникающих в твердом теле в результате микротрещин на этапе их зарождения [21].

НПО «Фирма «КОНУС» работает над проектом аварийно-предупредительной системы контроля. Разрабатываемая система контролирует опоры, несущие балки и перекрытия здания.

Деформационное состояние высотных зданий можно выявить с использованием автоматизированной стационарной станции мониторинга СМДС-В, над которой работают специалисты ООО НТЦ «Стройинновации».

Напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений можно отследить с помощью системы ML-SM, базирующейся на отечественной аппаратно-программной платформе McshLogic. Рассматриваемая система мониторинга разработана на базе компании «Высокотехнологичные системы» и является беспроводной сенсорной сетью.

К преимуществам системы можно отнести не только гибкость ее конфигурации в процессе установки датчиков и узлов и совместимость с широкой номенклатурой датчиков, но и длительный срок службы элементов питания узлов за счет использования автоматического перехода в «спящий» режим.

Институтом точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН (ИТМиВТ им. С.А. Лебедева) разработана автоматизированная беспроводная система мониторинга напряженного состояния зданий и конструкций [25], цель которой сводится к проведению системного контроля различных нагрузок, перемещений и деформаций, а также усилий, возникающих в конструкциях. К основным достоинствам системы можно отнести длительность автономной работы (до 10 лет), а также низкую себестоимость.

Для контроля состояния энергетических сооружений НИИ энергетических сооружений разработан комплект автоматизированных диагностических средств (КАДС). Комплект предназначен для постоянного измерения сигналов от датчиков, встроенных в сооружения, их преобразования в цифровую форму, периодического обновления, хранения и передачи накопленной информации по запросу в промышленную компьютерную сеть.

ООО «Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО» разработан аппаратно-методический

комплекс «ВЕМО»: средства автоматизированного, смешанного и неаппаратного контроля [22].

Разработанный комплекс предназначен для постоянного измерения сигналов от датчиков, встроенных в энергетические сооружения, преобразования полученной информации в цифровую форму, ее периодического обновления и хранения, а также для передачи накопленной информации в промышленную компьютерную сеть по запросу [23].

Метод тепловой дефектометрии по сравнению с другими методами контроля и диагностики имеет ряд преимуществ, к которым относятся:

- всесезонность и независимость от изменений метеословий;
- применимость в рабочих режимах эксплуатации;
- точность и достоверность результатов;
- приемлемая стоимость;
- информативность (по всей контролируемой поверхности объекта), наглядность и т.д.

Для обеспечения непрерывного контроля системы «грунт-здание» разработана автоматизированная система мониторинга, направленная на обеспечение безопасного функционирования [9].

Непрерывный мониторинг объектов различного назначения может быть осуществлен также с использованием системы ООО «Технический центр ЖАИС», которая направлена на многопараметрический непрерывный мониторинг зданий, сооружений, конструкций, мостов и пр. [24].

Вместе с тем обзор существующих и разрабатываемых систем, фиксирующих состояние объекта, свидетельствует о том, что большинство из них направлено на решение локальных задач, при этом не всегда учитывается назначение объекта и не все факторы риска принимаются во внимание. Кроме того, разработанные в настоящее время модели рассматривают разные расчетные схемы без учета их взаимного влияния и определения границ их применимости. Таким образом, можно утверждать, что существующие системы мониторинга находятся на стадии формирования и развития и требуют некоторых доработок.

Необходимо также отметить, что объект жизнеобеспечения (ОЖ) представляет собой сложную систему, включающую совокупность отдельных элементов: зданий и сооружений различного назначения, технологического оборудования и сетей энергетического снабжения, инженерных, технологических и прочих коммуникаций, поэтому для мониторинга его состояния необходимо разработать комплексную систему, которая позволит контролировать не только его технические и функциональные ха-

рактеристики, но и фиксировать возможные источники ЧС [14].

Цель разрабатываемой системы мониторинга сводится к контролю устойчивости ОЖ и диагностике возможных источников ЧС. При этом система должна быть ориентирована на:

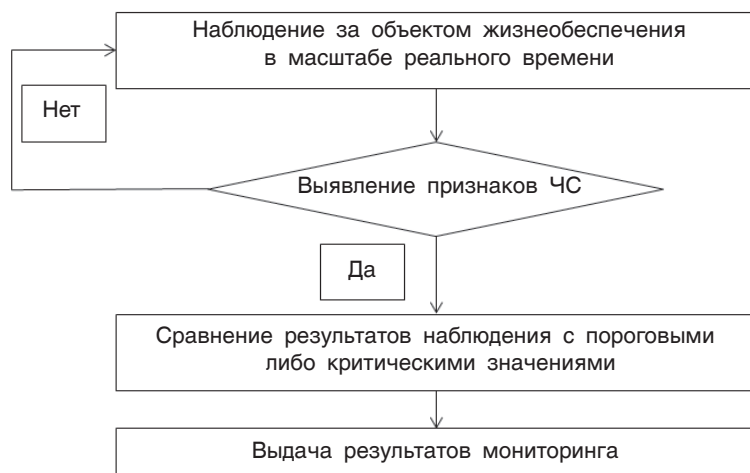
- систематическое получение данных о фактических значениях контролируемых параметров состояния объекта и протекающих на нем процессов, а также о потенциальных источниках ЧС;
- формирование и доведение до специалистов заключений о состоянии контролируемых объектов и протекаемых на них процессов.

Схематически система мониторинга представлена на **рис. 1**.

Состав комплексной системы мониторинга формируется с учетом критериев безопасности объектов жизнеобеспечения [13], которые создают ядро системы мониторинга, остальные контролируемые показатели являются масштабируемыми. Иными словами: объект, который расположен в сейсмически активном регионе, требует модуль, измеряющий сейсмические (вибрационные) нагрузки, в иной ситуации этот модуль может быть исключен, а стоимость системы мониторинга снижена.

Состав контролируемых параметров системы мониторинга представлен в **таблице 1**, при этом масштабируемые элементы системы мониторинга не ограничиваются указанным списком, а могут быть определены в зависимости от назначения объекта, места его расположения и других сопутствующих факторов.

В случае выхода значений контролируемого параметра за пределы допустимых значений система мониторинга формирует информацию об опасном либо критическом состоянии объекта, т.е. система мониторинга отслеживает текущее состояние объекта, а также формирует базу данных для осуществления прогноза технического состояния объекта.



**Рис. 1.** Укрупненная блок-схема системы мониторинга объектов жизнеобеспечения

Предлагаемая схема мониторинга отвечает требованиям ГОСТ Р22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования», ГОСТ

Р53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», а также ГОСТ 22.1.01-97/ГОСТ Р22.1.01-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения».

Таблица 1

**Контролируемые системой мониторинга элементы ОЖ**

Контролируемый параметр	Значение контролируемого параметра
<b>Ядро системы мониторинга</b>	
Физический износ зданий и сооружений объекта	Физический износ здания следует определять по формуле: $\Phi_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{ki} I_i$ где $\Phi_3$ - физический износ здания, %; $\Phi_{ki}$ - физический износ отдельной конструкции, элемента или системы, %; $I_i$ - коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания. Физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различную степень износа отдельных участков, следует определять в соответствии с СП «Нагрузки и воздействия» <sup>1</sup> .
Износ инженерных систем и оборудования	Оценка технического состояния инженерных систем зданий и сооружений проводится с учетом средних нормативных сроков службы элементов и инженерных устройств. В соответствии с ВСН 53-86р «Правила оценки физического износа жилых зданий» физический износ инженерных систем и оборудования определяется по таблицам физического износа внутренних систем инженерного оборудования. В случае, если эти системы подвергались реконструкции или отдельные элементы были заменены новыми, то расчетный параметр уточняется и рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 53778-2010 <sup>2</sup> .
Износ основных производственных фондов объекта	Срок службы основных фондов зависит от интенсивности использования основных средств, качества обслуживания и ремонта, особенностей конструкции, природных факторов, в которых эксплуатируются основные средства. Физический износ может быть рассчитан с учетом срока службы и выполненного объема работы: $И_{\phi} = \frac{T_{\phi} * Q_{\phi}}{T_n * Q_n}$ где $T_{\phi}$ - число лет, фактически отработанных машиной; $Q_{\phi}$ - средний объем продукции, фактически выработанной за год; $T_n$ - нормативный срок службы машины; $Q_n$ - годовая нормативная производительность.
Уровень автоматизации	$A = \frac{N_{авт.}}{N_{общ.}} * 100\%$ ; $A$ - уровень автоматизации; $N_{авт.}$ - число автоматизированных функций на объекте; $N_{общ.}$ - общее число функций на объекте.
<b>Масштабируемые элементы системы мониторинга</b>	
Сейсмическая (вибрационная) нагрузка	Расчет нагрузок производится в соответствии со СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».
Температурные климатические воздействия	Указанные нагрузки определяются в соответствии со СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» с изменениями от 2008 г.
Гололедные и снеговые нагрузки	
Воздействие ветра	
Эксплуатационная нагрузка (нагрузки от оборудования и людей)	

<sup>1</sup>СП «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 № 787).

<sup>2</sup>ГОСТ Р53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».



## Литература:

1. Адамцевич А.О., Пустовгар А.П. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства / А.О. Адамцевич, А.П. Пустовгар // Научно-технический журнал «Вестник МГСУ». - 2013. - № 10. - С. 242-248.
2. Безопасность России. Безопасность строительного комплекса / Лобов О.И., Еремин К.И., Махутов Н.А. - М.: МГФ «Знание», 2012. - 800 с.
3. Волков А.А. Комплексная безопасность условно-абстрактных объектов (зданий и сооружений) в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник МГСУ. - 2007. - № 3. - С. 30-35.
4. Волков А.А. Проектирование систем активной безопасности объектов строительства в составе САПР // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2000. - № 3. - С. 32.
5. Гайфулин Т.А. Анализ современных систем мониторинга / Т.А. Гайфулин, Д.С. Костомаров // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2013. - № 9. - Ч 2. - С. 51-55.
6. Качанов С.А. О возможностях сопряжения систем мониторинга и управления безопасностью и жизнеобеспечением зданий и сооружений с единой дежурно-диспетчерской службой / С.А. Качанов, А.И. Запорожец, В.В. Гинзбург, О.С. Волков, А.М. Шахраманьян // Технологии гражданской безопасности. - 2004. - № 1. - С. 63-71.
7. Коргин А.В. Динамический мониторинг конструкций декоративного навеса и пешеходного моста в аэропорту Шереметьево-3 / А.В. Коргин, Е.Ю. Шаблинский, Е.Ю. Сергеевцев, Д.А. Зубков // Вестник МГСУ. - 2011. - № 4. - С. 222-228.
8. Кудрин А.Ю. Методические основы дистанционного мониторинга состояния строительных зданий и сооружений / А.Ю. Кудрин, С.А. Качанов, Г.М. Нигметов, М.Ю. Прошляков // Технологии гражданской безопасности. - 2006. - № 3. - Т. 3 - С. 80-83.
9. Кудрин А.Ю. Проект методики мониторинга зданий и сооружений / А.Ю. Кудрин, С.А. Качанов, Г.М. Нигметов, О.С. Волков, М.Ю. Прошляков и др. // Технологии гражданской безопасности. - 2006. - № 3. - Т. 3. - С. 93-104.
10. Малышев В.П. Разработка системы мер, направленных на повышение устойчивости функционирования критически важных объектов Российской Федерации и объектов жизнеобеспечения в условиях угроз террористического характера / В.П. Малышев, В.С. Исаев, Ю.Д. Макиев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. - 2013. - № 2. - Т. 3. - С. 91-92.
11. Сергеев С.И. Мониторинг объектов жизнеобеспечения - путь к предотвращению ЧС // Технологии гражданской безопасности. - 2006. - № 3. - Т. 3. - С. 118-121.
12. Щербаков Ю.С. Использование геоинформационной системы для прогнозирования чрезвычайных ситуаций различного характера / Ю.С. Щербаков // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2005. - Т. 7.
13. Шилова Л.А. Информационная поддержка управления объектами жизнеобеспечения с учетом критериев инженерной и функциональной устойчивости на случай чрезвычайной ситуации / Л.А. Шилова // Информационные ресурсы России. - 2014. - № 6. - С. 24-27.
14. Шилова Л.А. Оценка уровня безопасности объектов жизнеобеспечения в условиях ЧС / Л.А. Шилова // Сб. докл. междунар. науч. конф. «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». - М.: МГСУ, 2014.
15. Официальный сайт Научно-производственной компании «Мониторинг-Центр» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.mocent.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
16. Официальный сайт ФГУП «Научно-производственный центр автоматики и приборостроения им. академика Н.А. Пилюгина» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.npcar.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
17. Sodis Lab [Электронный ресурс]. - URL: <http://prosodis.com/rus/> (дата обращения 27.11.2014).
18. Официальный сайт закрытого акционерного общества «Инжиниринговый центр ГОЧС «БАЗИС» [Электронный ресурс]. - URL: <http://basis-ic.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
19. Официальный сайт закрытого акционерного общества «Триада-Холдинг» [Электронный ресурс]. - URL: <http://triada-holdingnn.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
20. Официальный сайт научно-производственного предприятия «Авиаинструмент» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.aieso.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
21. Официальный сайт открытого акционерного общества «Информационные, инжиниринговые и телекоммуникационные услуги в строительстве» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.infostroi.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
22. Официальный сайт Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «Вемо» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.wemo.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
23. Официальный сайт Научно-исследовательского института энергетических сооружений [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.niiesok.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
24. Официальный сайт общества с ограниченной ответственностью «Технический центр ЖАИС» [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.jais.ru/> (дата обращения 27.11.2014).
25. Официальный сайт Института точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН - научно-исследовательского института в области информационных технологий, вычислительной техники и микроэлектроники [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ipmse.ru/> (дата обращения 01.12.2014).