

УДК 699.8

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ**

Яппарова Г.К., к.т.н., доцент  
Елисеева А.В. студент гр. УЗс-161, V курс  
Стрелкова А.А. студент гр. УЗс-161, V курс  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В настоящее время большое внимание уделяется безопасности зданий и сооружений. Актуальной проблемой является разработка и реализация инженерных систем мониторинга зданий, в особенности уникальных зданий, которые являются сложными инженерными сооружениями, требующими повышенного контроля за их состоянием.

Все больше развиваются и набирают популярность проекты технически сложных, уникальных объектов с высокой степенью ответственности – высотные здания, сооружения с большими пролетами и нетипичными конструкциями благодаря использованию современных технологий возведения и применению новых материалов.

Современные тенденции диктуют такие правила, как увеличение этажности зданий, уплотнение застройки города, освоение подземного пространства, насыщение инженерными коммуникациями. Все это неотвратимо создает новые задачи, продиктованные потребностью обеспечения надежности и безопасности строящихся сооружений.

На сегодняшний день самым эффективным способом прогнозирования и предупреждения аварийных ситуаций является мониторинг технического состояния, который ведется в постоянном режиме в соответствии с требованиями нормативных документов. Однако нормативная база, которая регламентирует методы осуществления мониторинга строительных объектов, а также трактовка полученных результатов изучены сегодня не в полной мере. Таким образом, необходимо сделать акцент на создании результативной методики оценки технического состояния несущих конструкций здания.

Следует отметить, что уникальные здания и сооружения – это объекты, к которым относится хотя бы одна из следующих характеристик: применение конструкций и конструктивных систем, которые требуют применения нетипичных методов расчета, либо требующих экспериментальной проверки на физических моделях, а также применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов. А также высота которых более 100 м, пролет более 100 м, вылет консолей более 20 м, заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров.

К уникальным зданиям и сооружениям относят также зрелищные, культурные, спортивные сооружения, выставочные павильоны, многофункциональные офисные, торгово-развлекательные комплексы с максимальным расчётным присутствием более 1000 человек внутри объекта или более 10000 человек вблизи объекта.

Обеспечение безопасности эксплуатации уникальных зданий и сооружений – есть мониторинг их технического состояния. Он состоит в непрерывном наблюдении и контроле изменений физических и технических характеристик, происходящих внутри конструкций этих объектов, таких как: осадки фундаментов, опорных основ и стен, крены, прогибы, деформации, вибрации, образование трещин. Также трансформаций в массиве грунта под сооружением и вокруг него (горизонтальные и вертикальные перемещения, уровень и химический состав подземных вод и т.д.).

Главная цель мониторинга – это принять меры для остановки изменений, устранения негативных факторов и тенденций, проведения ремонта и пресечения последующих возможных глобальных разрушений и аварий в случае возникновения деструктивных процессов и образования деформаций до наступления серьезных и необратимых последствий, когда это еще возможно, т.е. при их обнаружении в самом начале.

Из-за обязательного характера системы наблюдения за изменениями в конструкциях должны разрабатываться на стадии проектирования и устанавливаться во время строительства. Для этого вида мониторинга используются комплексные автоматические стационарные системы, разрабатываемые индивидуально для каждого здания.

Особое внимание нужно уделять периодически проводимым обследованиям технического состояния зданий, рекомендованные действующими в области обследования технического состояния сооружений и зданий нормативно-техническими документами.

При мониторинге конструкций и оснований зданий используются в основном методики, которые включают в себя: геодезические измерения; инженерно-геологические наблюдения; измерения нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части; а также сейсмометрические методики.

В настоящее время в перспективе использование геодезических средств для решения проблемы пространственно-координатного мониторинга. Таковыми приборами являются приборы GPS-позиционирования, которые на современном этапе позволяют определять пространственные координаты точек с необходимой точностью, что важно для высотных сооружений с возможными горизонтальными перемещениями порядка нескольких десятков сантиметров.

Также контролировать пространственное положение объектов можно с использованием современных электронных тахеометров. Благодаря использованию безотражательных тахеометров возможно с высокой точностью производить съемку недоступных для установки отражательных призм точек на фасадах зданиях.

Не менее актуальным методом мониторинга на сегодняшний день служит лазерное сканирование.

Большое значение при оценке состояния грунтового массива уделяется инженерно-геологическому наблюдению, для которого используются различные наборы схем. Такие инженерно-геологические наблюдения позволяют оценить состояние грунтового массива в основании и по периметру здания. Существует набор схем как разной трудоемкости и стоимости, так и разной разрешающей способности и информативности – от измерений в отдельных скважинах до межскважинного просвечивания (вплоть до получения трехмерного томографического изображения). Кроме скважин, ключевую информацию получают при расположении под плитным фундаментом сети датчиков давления на грунт, в сваях – вертикальных нагрузок.

Система мониторинга несущих конструкций во время строительства в процессе возведения здания, а также во время эксплуатации объекта создается на этапе проектирования. Для этого определяют перечень контролируемых конструкций и контролируемых параметров, рассчитывают допустимые значения и отклонения контролируемых параметров с использованием технологий математического моделирования, определяют состав и количество датчиков. Установка датчиков системы осуществляется во время строительства. В качестве датчиков могут использоваться тензометры, датчики давления, вибродатчики (велосиметры, акселерометры), GPS/Глонасс-приемки, автоматизированные тахеометры, наклонометры и др.

Важной составляющей организации сейсмометрического мониторинга является подбор датчиков и их размещение. В настоящее время опробованы различные типы датчиков: велосиметры – российские С-5-С, СМ-3, КМВ (конструкции ИФЗ РАН), и зарубежные – фирмы Guralp CMG-3ESPC (трехкомпонентный широкополосный с частотным диапазоном от 100 сек (0,01Гц) до 50Гц и чувствительностью  $2 \cdot 10^4$  В/м/с); акселерометры – конструкции ИФЗ РАН и фирмы Guralp CMG-5T (трехкомпонентный форс-балансный).

Значимой проблемой сегодня является разработка различных систем мониторинга конструкций зданий и сооружений, внедрение их в практику строительства. Одна из таких систем – это волоконно-оптические измерительные системы. Данный подход позволит защититься от внезапного возникновения аварийных ситуаций и обеспечит успешную эксплуатацию сложных зданий и сооружений. Вместе с тем, для реализации этого подхода мониторинга необходима соответствующая доработка нормативно-технической документации в области обследования технического состояния зданий и сооружений, учитывающая технико-экономическую эффективность этого мероприятия.

## Список литературы

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 54 с.
2. Бурсов Н.Г., Туровец Г.А., Хандогин А.П., Хлыстов С.Г. Мониторинг как инструмент безопасности технически сложных, уникальных, высотных объектов// Архитектура и строительство. – №2 (220). –2011.
3. Коргин А.В., Коргина М.А. Мониторинг технического состояния ответственных зданий с помощью технологии пространственно-координатных геодезических измерений и их анализа напряженно-деформированного состояния конструкций//Московский государственный строительный университет. –2010.
4. Суцев С.П., Самарин В.В., Адаменко И.А., Сотин, В.Н. Мониторинг технического состояния несущих конструкций высотного здания// Центр исследований экстремальных ситуаций, г. Москва. –2009.
5. Шахраманьян А.М. Современные системы мониторинга и обеспечения безопасности высотных и уникальных объектов// Строительная безопасность–2010.