

Мобильный диагностический комплекс для мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений

Специалисты называют две основные причины роста аварийности объектов капитального строительства. Первая причина заключается в сочетании беспрецедентных по масштабу и сложности строительных проектов, реализуемых в крупных городах России, и низкого качества выполнения строительных работ. При этом аварийность новых объектов обусловлена не только грубыми нарушениями действующих строительных норм и правил, но и отсутствием исчерпывающей нормативной базы и фактического опыта у отечественных проектных и строительных организаций при возведении высотных зданий, крупных культурно-развлекательных и торговых комплексов, при выполнении строительных работ на сложных грунтах, при использовании новых строительных технологий, заимствованных из Европы и США.

Второй причиной специалисты называют критическую изношенность старого жилищного фонда и большинства промышленных объектов, построенных в советский период.

В последние годы на федеральном уровне и в некоторых регионах были предприняты важные шаги, направленные на комплексное решение проблемы безопасности строительных объектов. В первую очередь это коснулось нормативно-законодательной базы. В 2005 г. по инициативе Министерства был разработан и введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 22.1.12 – 2005 «Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования». Этот стандарт обязывает оснащать системами мониторинга инженерных сетей 4 категории строительных объектов: потенциально опасные объекты, особо опасные, технически сложные и уникальные. В общих чертах к этим категориям относятся крупные объекты энергетики, предприятия топливного цикла, склады ядовитых и взрывоопасных веществ, тоннельные объекты, метрополитен, крупные промышлен-

Мониторинг состояния несущих конструкций является важной составной частью системы обеспечения комплексной безопасности строительных объектов.

Актуальность проблемы безопасности зданий и сооружений, в частности, их устойчивости, чрезвычайно возросла в последние годы в связи с ростом аварийности. Особенно большой общественный резонанс получили трагические случаи обрушения зданий. Аварии произошли не только на старых, выработавших свой ресурс, объектах, но и на новых.

ные предприятия с численностью занятых более 10 тыс. человек, морские порты, аэропорты, мосты, магистральные трубопроводы, высотные здания, объекты массового скопления людей – стадионы, торгово-развлекательные комплексы и т.п. Требования стандарта распространяются на все новые (проектируемые и строящиеся) объекты и на капитально-ремонтруемые старые.

Правительство г. Москвы утвердило ряд нормативных документов регионального значения, которые также нацелены на увеличение безопасности строительных объектов. Эти документы ещё более расширяют (по сравнению с ГОСТ Р 22.1.12-2005) перечень объектов, подлежащих обязательному обследованию и мониторингу.

Вышеперечисленные документы, помимо прочих аспектов безопасности строительных объектов, предусматривают систематический контроль всех инженерных систем зданий, обеспечивающих прочность и жесткость, в том числе фундаментов, несущих и ограждающих конструкций.

Однако приходится констатировать, что в настоящее время отсутствуют эффективные контрольно-измерительные средства диагностики, которые обеспечили бы комплексное решение этой задачи применительно к широкому спектру строительных объектов. Следует отметить и недостаточную методологическую проработку данной проблемы.

Отечественными исследователями, проектными и экспертными организациями накоплен достаточно большой опыт диагностики состояния отдельных видов промышленных строительных объектов, в первую очередь тех, порядок контроля которых чётко

регламентирован Ростехнадзором. Это, в частности, касается дымовых труб, мостов, гидросооружений. На рынке экспертных услуг в области диагностики и паспортизации этих и подобных объектов работает целый ряд фирм. Используемые ими средства диагностики позволяют в режиме эпизодических обследований производить измерения деформаций, микроперемещений, параметров вибрации и колебаний сооружений. Эти данные дают возможность контролировать геометрию объектов, определять напряжения в наиболее ответственных местах, делать заключения о прочностных и жесткостных характеристиках сооружений, оценивать степень старения конструкций и в ряде случаев выявлять скрытые дефекты. Существующие измерительные комплексы, такие, например, как «ПРИС-1000» и «Струна», удобны для диагностики сравнительно небольших и конструктивно простых объектов (мостов, вышек, труб и т.п.). Эти комплексы основаны на проводной связи между датчиками и пультом обработки информации. Поэтому их использование на крупных и конструктивно сложных объектах (многоэтажных зданиях, объектах со сложной каркасной системой) сопровождается трудоёмкими монтажными работами и создаёт чрезвычайные неудобства при проведении длительных всесторонних обследований объектов. В результате стоимость такого рода обследований оказывается неоправданно высокой.

Задача комплексного мониторинга крупных и конструктивно сложных строительных объектов предъявляет к диагностической системе ряд специфических требований:

- возможность быстрого монтажа и переналадки;
- возможность одновременного использования большого количества средств измерений линейных перемещений и динамических параметров (количество датчиков может достигать нескольких десятков);
- возможность проведения измерений одновременно в трёх координатах;
- возможность дистанционного управления параметрами датчиков;
- возможность осуществления длительных непрерывных измерений (в том числе на сроки, измеряемые годами);
- возможность быстрого и наглядного отображения на операторском (диспетчерском) пульте контролируемых параметров (в том числе графиков и значений микроперемещений в контролируемых точках, трёхмерной картины напряжённо-деформированного состояния здания, декрементов затухания собственных колебаний), архивирование данных и получение интегральной оценки состояния здания и его элементов;
- возможность территориальной удалённости расположения диспетчерского пульта приёма и обработки информации от датчиков и обследуемого объекта;
- умеренные стоимостные показатели диагностической системы и её обслуживания.

Вышеперечисленным требованиям может удовлетворить только мобильный программно-аппаратный диагностический комплекс, использующий в своём составе новое поколение датчиков контроля статических и динамических параметров и организованный на основе использования радиочастотного канала связи между всеми его составными элементами.

Опытный образец такой диагностической системы создан в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете. Комплекс состоит из датчиков (до 16 штук), устройства приёма и обработки сигналов и программного обеспечения. Каждый датчик представляет собой сборку в форме диска диаметром 115 мм и высотой 25 мм, включающую в качестве средства измерения трёхкоординатный акселерометр, а также микроконтроллер, радиочастотный приёмопередатчик с антенной и источник питания (батарею). Конструктивное исполнение датчика (рис.1) обеспечива-



Рис. 1

ет быструю и легкую установку его на несущих и ограждающих конструкциях строительных объектов.

Рис. 2 иллюстрирует пример установки датчика на лестничном марше старого здания.

По радиоканалу информация от датчиков поступает на устройство приёма и обработки сигналов (на контрольно-диспетчерском пульте), где она обрабатывается, архивируется и отображается в виде графического оконного интерфейса. Контрольно-диспетчерский пульт может при этом располагаться сколь угодно далеко от обследуемого объекта (удалённость ограничена только возможностями сотовой связи). Комплекс позволяет:

- измерять в трёх координатах микроперемещения, дефор-

мации и вибрацию объектов под действием природных и техногенных нагрузок;

- осуществлять быстрый монтаж-демонтаж всей системы;
- управлять датчиками (например, режимом их работы), исходя из особенностей объекта и стоящей задачи;
- обследовать любые наземные строительные объекты, независимо от их размеров и конструктивной сложности;
- осуществлять мониторинг объектов, удалённых на любые расстояния от контрольно-диспетчерского пульта.

Можно рассчитывать, что к описанному диагностическому комплексу проявят интерес фирмы, специализирующиеся на оказании экспертных услуг, а также непосредственно строительные организации. С помощью предлагаемого комплекса строительные организации, в частности, могут обеспечить независимый контроль за состоянием зданий и объектов, расположенных рядом со строящимися в зоне влияния работы тяжёлой строительной техники (экскаваторов, сваенбивных машин и

Основные эксплуатационные характеристики комплекса:

Диапазон измерения частот колебаний объекта	0,01 – 1500 Гц
Количество одновременно обслуживаемых сенсоров	16
Температурный диапазон работы	-35 - +50 С
Время автономной работы датчиков (без замены источников питания)	до 1,5 лет
Расстояние устойчивой работы радиоканала в условиях отсутствия сети сотовой связи	до 200 м
Скорость передачи данных по радиоканалу	250 кбит/сек
Используемый частотный диапазон радиоканала	2,2 ГГц



Рис. 2

т. п.) и возможных подвижек грунта. Рис. 3 схематично иллюстрирует такую ситуацию.

Датчики, размещенные на жилом здании, позволяют контролировать неподвижность его несущих элементов на протяжении всего периода строительных работ, проводимых поблизости. Эти данные передаются на дежурно-диспетчерский пульт, архивируются и в случае возникновения спорных ситуаций (например, претензий со стороны собственников жилого дома) могут выступать в качестве объективных показателей, подтверждающих безопасность проведенных строительных работ.

Разработанная диагностическая система может найти широкое

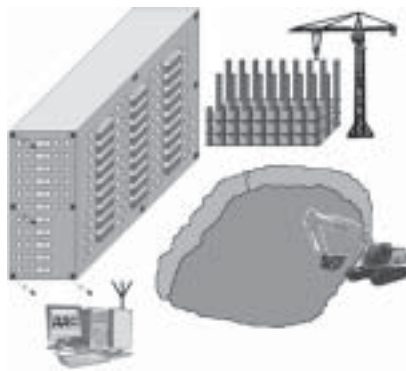


Рис. 3

применение и для решения задач, регламентированных ГОСТ Р 22.1.12-2005. В частности, она незаменима для длительного мониторинга строительных объектов, для мониторинга систем зданий и

сооружений (например, на крупных промышленных предприятиях). В целом внедрение мобильного диагностического комплекса должно качественно повысить безопасность строительных объектов, как возводимых, так и старых. ◀

Макаров Сергей Борисович,
д.т.н., проф.,
заведующий кафедрой
«Радиоэлектронные средства
защиты информации»;
Макаров Александр Борисович,
ведущий инженер
ЗАО «Аргус-Политехник»;
Гамаюнова Ольга Сергеевна,
ассистент кафедры
«Технология, организация и
экономика строительства»

Литература:

1. «Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования». ГОСТ Р 22.1.12 – 2005.
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. ГОСТ Р 22.1.12-2005.
3. Измерения без усилителей система для прецизионных статических и динамических измерений ПРИС-1000. Каталог «Прибортех Экспо», 2005, №1.
4. Гурьев В.В., Дорофеев В.М. О мониторинге технического состояния несущих конструкций высотных зданий и широкопролетных сооружений. «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», 2006, №7 (90). С. 68.

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРА

На сегодняшний день обследование конструкций производится на основе ряда косвенных признаков: выявления дефектов и повреждений; определения прочностных характеристик материалов и пр. Наиболее точная оценка технического состояния конструкции производится при проведении поверочных расчетов и выявлении коэффициентов запаса.

Суть расчетов конструкций любого типа сводится к сравнению значения прочности материала с расчетными усилиями. Прочность материала при использовании как методов неразрушающего контроля, так и при испытании отобранных из конструкции образцов, может быть определена с достаточной точностью. На точность определения усилий (напряжений) конструкции оказывает влияние масса факторов: правильность выбора расчетной схемы; полнота и адекватность введения в расчет дефектов и повреждений; точность определения реальных нагрузок и прочее.

Таким образом, достоверно и точно определить величину усилий в конструкциях практически невозможно. Это приводит к введению в

В настоящее время стальные конструкции все чаще применяются не только в промышленных, но и в общественных зданиях. Объем построек растет с каждым годом. В результате объем обследований зданий и сооружений с несущими стальными конструкциями будет увеличиваться.

расчет различных коэффициентов запаса, что в свою очередь приводит к перерасходу материала при строительстве и формулировании неправильных выводов при обследовании конструкций.

В настоящее время существует методика и оборудование для определения напряжений в действующих стальных конструкциях.

Применяемый прибор (рис. 1, 2) модернизирован в части применения газонаполненного непроточного высококочувствительного координатного детектора с персональным компьютером on line и соответствующим, специально разработанным программным обеспечением.

Портативность прибора и отсутствие необходимости принудительного водяного охлаждения рентгеновской трубки (25 кВ, 50 Вт) делают его мобильным и безопасным (при соблюдении минимальных требований), что позволяет использовать этот прибор в самых сложных

условиях реальной эксплуатации конструкций разного типа.

С целью определения объема ремонтно-восстановительных ра-



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

бот по заданию АО «ГТ Проект» данный дифрактометр был использован для экспертной оценки напряженно-деформированного состояния шпунтового ограждения причала порта в г. Вентспилс. В головной части пирса в пределах действовавшей в то время гермокамеры с рабочей глубиной 3 м ниже уровня моря были проведены измерения вертикальных и горизонтальных компонент напряжений в ряде точек. (рис.3)

Проведенная работа показала техническую возможность измерения напряжений с помощью метода рентгеновской тензометрии в реально действующих конструкциях в стесненных эксплуатационных условиях, как правило, неприемлемых для применения прямых физических методов исследования

и экспертных оценок напряженно-деформированного состояния.

Примененный метод позволил сделать оценку действующих компонент напряжений с точностью примерно $\pm 2 \text{ кг/мм}^2$.

На практике показана уникальная возможность анализа напряженного состояния неразрушающим методом любых компонент на плоскости и ухода этой плоскости из первоначального положения.

Работы по определению напряжений в стальных конструкциях ведутся совместно специалистами Санкт-Петербургского государственного политехнического университета и Физико-технического института имени А.Ф.Иоффе. ◀

**Б.Л. Баскин,
А.М. Лексовский, А.В. Улыбин**

С ИБ ИРС К А Я Р М А Р К А П О Д В Е Л А И Т О Г И

23 февраля на «Сибирской Ярмарке» (г. Новосибирск) завершила работу одна из крупнейших профессиональных выставок строительной отрасли Сибирского федерального округа – Международный форум «СТРОЙСИБ-2007».

Генеральный спонсор выставки «СТРОЙСИБ-2007» – компания VEKA.

Третий год подряд строительный форум «СТРОЙСИБ» проводится в два этапа, что позволяет наиболее полно представить рынок, его участников и продукцию по каждому из заявленных направлений. «Первая строительная неделя» проходила 6-9 февраля, «Вторая строительная неделя» – 20-23 февраля 2007 года. В работе форума приняли участие около 800 компаний из России, стран ближнего и дальнего зарубежья. Экспозиция выставки составила около 20 000 кв. м.

На официальной церемонии открытия форума гостей и участников приветствовали: губернатор Новосибирской области Виктор Толоконский, консул Германии в Новосибирске Михаэль Кантцлер, заместитель председателя исполнительного комитета МА «Сибирское соглашение» Владимир Кульков, президент Ассоциации строителей Новосибирска и Новосибирской области Константин Боков.



В приветственной речи губернатор отметил общую тенденцию роста строительной отрасли в регионе, а в ряду перспективных, инвестиционно-привлекательных направлений строительства выделил возведение промышленных, производственных объектов, бизнес-комплексов, объектов социального назначения. «Сейчас мы сталкиваемся не столько с дефицитом инвестиционных ресурсов, сколько с нехваткой строительных мощностей, материалов, также отмечается недостаток проектных институтов. Сегодня, как никогда остро, мы ощущаем необходимость

качественного и всестороннего развития строительного комплекса, тем более, что многим строительным объектам города присвоен наивысший рейтинг государственной поддержки, – подчеркнул Виктор Толоконский. – Нарращивание проектных, подрядных, технологических мощностей строительного комплекса – задача, безусловно, приоритетная: как для представителей власти, бизнес-сообщества, так и для участников корпоративного сообщества проектных и строительных организаций региона. Но одновременно с наращиванием мощностей мы должны со-