

УДК 614.8.084

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В. Н. ПАСОВЕЦ, кандидат технических наук¹

В. А. КОВТУН, доктор технических наук^{1,2}

С. Г. КОРОТКЕВИЧ, курсант¹

¹ Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь

² Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», Республика Беларусь

Представлена структура системы непрерывного мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений на основе тензорезистивных датчиков, внедрение и активное использование которой позволит значительно увеличить уровень обеспечения безопасности пребывания людей в зданиях и сооружениях различного назначения. Приведен перечень зданий и сооружений, подлежащих обязательному оборудованию системами непрерывного мониторинга.

Ключевые слова: тензорезистивные датчики, системы непрерывного мониторинга, несущие конструкции.

Введение

Из мировой статистики известно, что большое количество чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с разрушением зданий и сооружений, происходит из-за нарушения работы элементов основных несущих конструкций. Проведенный статистический анализ показал, что основными причинами данных ЧС являются:

- повышенные нагрузки на несущие конструкции зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации длительный период времени;
- воздействие на конструкции природных и техногенных факторов, таких как перепады температур, ветровые и снеговые нагрузки, вибрации, аварии, пожары, а также террористические акты (взрывы);
- несоблюдение технологии возведения зданий и сооружений.

Так, неполное заполнение швов раствором и некачественное замоноличивание стыков не обеспечивает равномерное распределение нагрузки между элементами конструкций здания. Применение сборных железобетонных изделий со сквозными трещинами, сколами, оголением арматуры снижают несущую способность отдельных элементов строительных конструкций в некоторых случаях до 40 %. Все это приводит к существенному увеличению вероятности нарушения целостности здания или сооружения.

Произошедшие за последние годы внезапные обрушения конструкций ряда зданий, в том числе «Трансвааль-парка» (Москва, 2004 г.), бассейна в Пермском крае

(г. Чусовой, 2005 г.), Басманного рынка и аквапарка (Москва, 2006 г.), аэропорта во Франции (Париж, 2005 г.), катков в Германии и Австрии (2006 г.), школы в Беларуси (г. п. Краснополье, 2004 г.), вывели проблемы контроля технического состояния несущих конструкций при эксплуатации зданий и сооружений на одно из первых мест в системе комплексной безопасности функционирования строительных объектов.

Особое внимание, на наш взгляд, следует уделить проблемам безопасности при возведении высотных зданий. Анализ статистических данных показывает, что число людей, погибших при обрушениях зданий высотой более 25-ти этажей, в 3–4 раза превышает число погибших в зданиях с количеством этажей не более шестнадцати [1].

На сегодняшний день для своевременного обнаружения нарушений в работе несущих конструкций зданий и сооружений и проведения ремонтных мероприятий необходимо регулярно проводить обследования, которые требуют значительных затрат времени и денежных средств. Замена регламентных профилактических и ремонтных работ, а также трудоемких исследований, проводимых вручную, на мониторинг позволит существенно уменьшить издержки, связанные с поддержанием жизненного цикла сложных конструкций зданий и сооружений. Следовательно, имеет место потребность в надежных системах мониторинга технического состояния конструкций, которые могут автоматически обрабатывать данные, оценивать техническое состояние и сигнализировать о необходимости вмешательства человека.

Целью работы является разработка структуры системы непрерывного мониторинга на основе тензорезистивных датчиков.

Основная часть

Для контроля динамики развития напряжений в конструктивных элементах используются тензометрические датчики различных типов. Наиболее широкое распространение получили тензометрические датчики с резистивными сенсорами (тензорезисторами), построенные на основе способности проводников изменять свое сопротивление при растяжении либо сжатии. Конструкция тензорезистивного датчика представлена на рисунке 1.

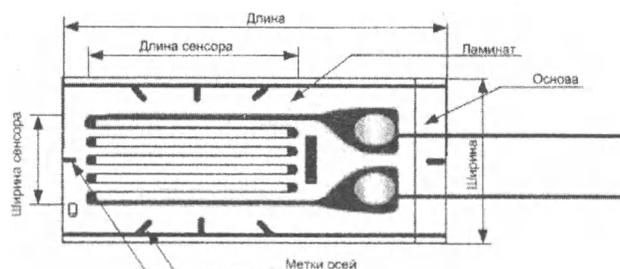


Рисунок 1 – Тензорезистивный датчик [2]

Как видно, данный датчик состоит из основы, на которую нанесен проводящий слой, образующий змейку, на изгибах толщина проводника увеличена для снижения чувствительности на растяжение перпендикулярно основной оси. Основная ось проходит вдоль линий направления змейки (по горизонтали), и растяжение датчика вдоль этого направления вызывает максимальное изменение сопротивления датчика. Сверху датчик покрыт слоем прозрачного ламината, который защищает резистивный слой от повреждений. На датчик также нанесены метки, указывающие направления осей, упрощающих его установку, обычно проходящие через центр датчика под углами $90^\circ \pm 45^\circ$ относительно основной оси чувствительности. Обычно в системах мониторинга применяется несколько тензодатчиков или системы датчиков, оси которых пересекаются под

различными углами, либо идут параллельно, поэтому для упрощения монтажа обычно используют датчики, имеющие несколько тензорезисторных элементов, расположенных под определенным углом.

Системы непрерывного мониторинга (рисунок 2), содержащие в своем составе тензометрические датчики контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции, имеют значительное преимущество по сравнению с используемым на сегодняшний день оборудованием неразрушающих методов контроля [3]. В описываемой системе непрерывный поток данных, полученных с использованием большого числа датчиков, размещенных в различных точках конструкции, подвергается тщательному анализу средствами специального программного обеспечения и сопоставляется с допустимыми техническими параметрами контролируемого объекта.

Применение систем непрерывного мониторинга в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, а также на сложных производственных объектах позволит получать необходимую точную информацию о состоянии объекта с момента его возведения, и, что особенно важно, в условиях ликвидации ЧС, например, пожара.

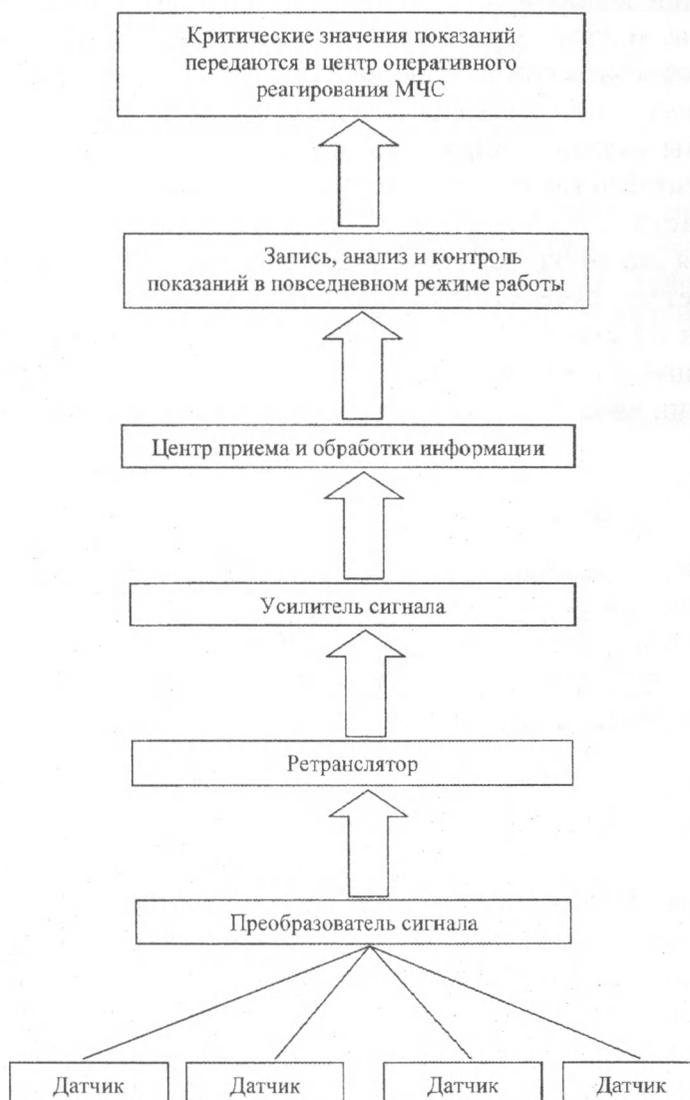


Рисунок 2 – Структура системы непрерывного мониторинга

Разработанные на сегодняшний день тензометрические датчики в составе систем непрерывного мониторинга позволяют:

- измерять в автоматическом режиме реальную величину напряжений, возникающих в конструкции, в точке установки;
- отслеживать динамику процесса нарастания напряжений в основных конструктивных элементах сооружения на протяжении всего этапа эксплуатации здания; производить оценку работы конструкции в целом и эффективность применения использованных материалов;
- обнаруживать критические и предаварийные состояния; контролировать осадку зданий и сооружений.

Тензометрические датчики системы мониторинга устанавливаются на основные конструктивные элементы зданий и сооружений, к которым относятся конструкции либо их элементы, разрушение или недопустимые деформации которых могут привести к снижению безопасности эксплуатации здания, прогрессирующему разрушению здания в целом, а также конструкции, обеспечивающие пространственную жесткость, неизменяемость и устойчивость сооружения. На сегодняшний день технические решения в области коммуникационного оборудования позволяют осуществлять передачу данных по имеющимся электрическим сетям и через беспроводной формат GPRS. Это не требует дополнительных работ по оборудованию каналов связи, например, с использованием радиосигналов.

Следует отметить также и тот факт, что мониторинг зданий и сооружений в непрерывном режиме не ограничивается исключительно задачей оповещения служб эксплуатации о надвигающейся чрезвычайной ситуации. Система мониторинга, постоянно фиксируя состояние конструкции, позволяет заранее принять решение о внеплановом ремонте (если присутствуют факты нарушения работы контрольных элементов) или – напротив, провести ограниченный ремонтный цикл (в случае получения удовлетворительных данных), что становится особенно актуальным для зданий имеющих значительный срок эксплуатации и требующих проведения капитального ремонта.

Проведенный анализ работ [4]–[7] позволил разработать перечень зданий и сооружений, которые, на наш взгляд, необходимо обязательно оборудовать системами непрерывного мониторинга:

1 Технически сложные объекты: речные порты; аэропорты с длиной основной взлетно-посадочной полосы 1800 м и более; мосты и тоннели; метрополитены; крупные промышленные объекты.

2 Высотные здания и уникальные сооружения: объекты капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- высота более чем 75 м;
- пролеты более чем 100 м;
- наличие консоли более чем 20 м;
- заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 10 м;
- наличие конструкций и конструктивных систем, в отношении которых применяются нестандартные методы расчета с учетом физических или геометрических нелинейных свойств либо разрабатываются специальные методы расчета.

3 Объекты с массовым пребыванием людей. Объектами с массовым пребыванием людей считаются здания, в которых может одновременно находиться 500 и более человек.

4 Гостиницы вместимостью более 100 номеров.

Также необходимо отметить высокую потребность в системах мониторинга ракетно-космической, авиационной и военной техники.

Заключение

Внедрение и активное использование систем непрерывного мониторинга на всех стадиях процесса строительства и эксплуатации зданий и сооружений различного назначения позволит значительно увеличить уровень обеспечения безопасности пребывания в них людей. Внедрение данных систем – это инструмент безопасности, надежности и разумного экономического подхода в современном строительстве.

Необходимо отметить, что ведение журнала регулярной регистрации состояния контролируемой конструкции – это фактически составление «Паспорта здоровья» конкретного сооружения, который будет единственным достоверным документом, свидетельствующим о степени реальной надежности основных конструктивных элементов. В будущем развитие данных систем позволит прогнозировать техническое состояние всех объектов инфраструктуры – от систем теплоснабжения до показателей экологической обстановки.

Литература

- 1 Рафальский, В. Н. Высоткам – гарантию безопасности / В. Н. Рафальский // Служба спасения. – 2011. – № 5. – С. 4–6.
- 2 Тензорезистивные датчики и их применение / под ред. А. М. Самуты // Электроника инфо, 2012. – Режим доступа: <http://electronica.nsys.by/files/File/Vishay.pdf>. – Дата доступа: 15.02.2012.
- 3 Котюк, А. Ф. Датчики в современных измерениях / А. Ф. Котюк. – М. : Радио и связь, 2006. – 96 с.
- 4 Григорьев, В. Г. Методология исследования динамических свойств сложных упругих и гидроупругих систем : дис. на соискание степ. д-ра техн. наук / В. Г. Григорьев. – М., 2000. – 386 с.
- 5 Есипов, Ю. В. Разработка информационной технологии диагностирования и оценки риска критических систем на основе сегнетоэлектрических датчиков деформации и акустической эмиссии / Ю. В. Есипов, В. М. Мухортов, Г. Н. Толмачев // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах : тр. Междунар. науч. шк. – СПб., 2005.
- 6 Есипов, Ю. В. Концепция возможностной оценки риска техногенных систем / Ю. В. Есипов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 7. – С. 5–12.
- 7 Есипов, Ю. В. Возможностная оценка риска в ходе мониторинга и анализа динамических деформационных образов конструкций / Ю. В. Есипов, В. А. Акопян, В. М. Мухортов // Проблемы безопасности и чрезвычайн. ситуаций. – № 4. – 2006. – С. 82–87.0

Поступила в редакцию 20.02.2012

V. Pasovets, V. Kovtun, S. Korotkevich

APPLICATION TENSOMETRIC SENSORS IN THE CONTINUOUS MONITORING SYSTEMS OF THE MAIN LOAD-BEARING CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS

The structure of continuous monitoring system of load-bearing continuous of buildings and continuous on the basis of the tensometric sensor is presents in this article. Implementation and active use of presented systems will significantly increase the level of safety of people staying in buildings of various purposes. A list of objects which is necessary to equip with continuous monitoring systems.