

**ОТДЕЛ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО НАДЗОРА****Диагностика и мониторинг технического состояния
зданий и сооружений**

Н.П. Четверик, заместитель начальника отдела

Диагностику технического состояния зданий и сооружений проводят для определения технического состояния их строительных конструкций с целью найти инженерные решения и рекомендации для безопасной дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений – это процесс, представляющий собой систему технически обоснованных и экономически оправданных наблюдений за факторами воздействия (сопротивления этому воздействию) или иными интегральными показателями, определяющими работоспособность и заданную надежность здания и сооружения, проводимых с периодом, в течение которого вероятность возникновения неблагоприятного события или проявления его последствий ничтожно мала. Следовательно, цель мониторинга – наблюдение за изменениями состояния.

Проблема мониторинга в последнее время стоит особенно остро. Внезапные обрушения зданий и сооружений с большепролетными конструкциями, происшедшие в различных городах и странах мира (Москва, 2004 и 2006 гг.; Пермь, 2006 г.; Париж, 2005 г.; Германия, 2006 г.), заставили обратить серьезное внимание на эксплуатацию таких объектов. Только в Москве эксплуатируется свыше 650 крупных объектов (большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений), из которых более 250 большепролетных зданий – собственность города.

В связи с этим в печати развернулась бурная полемика о роли и месте мониторинга в системе обеспечения безопасности объектов.

Мониторинг осуществляется как на стадиях строительства, реконструкции и капитального ремонта, так и на стадии эксплуатации зданий и сооружений. Основные средства его осуществления – датчики (сенсоры), устанавливаемые на главные несущие конструкции здания или элементы конструкций и отвечающие за конструкционную безопасность зданий и сооружений. С их помощью определяют следующие параметры:

- ✧ давление сваи на грунт;
- ✧ изменения усилий в арматуре;
- ✧ линейную деформацию бетона;
- ✧ температурные преобразования;
- ✧ давление воды на конструкции;
- ✧ давление конструкции на грунт;
- ✧ напряжения (деформации) в конструкциях;



- ✧ вибрацию (колебания) здания;
- ✧ смещение объекта;
- ✧ смещение структурных пустот и образование (раскрытие) трещин в конструкциях.

Мониторинг дополняется визуальным осмотром и инструментальным обследованием, а также внеплановым обследованием по сигналу, выработанному системой мониторинга.

Для определения контролируемых параметров могут применяться как волоконно-оптические датчики с решеткой Брэгга, так и струнные датчики отечественного производства.

Волоконно-оптические сенсоры на основе использования решеток Брэгга (FBG) (рис. 1–5 из каталога AOS GmbH, предоставленные ООО «ПАС») созданы в качестве основы новой системы мониторинга зданий и сооружений, которую используют для измерения деформации, вибрации и температуры, что позволяет контролировать перечисленные основные параметры несущих строительных конструкций.

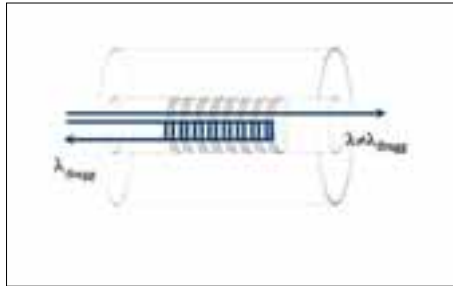


Рис. 1. Функция решеток Брэгга

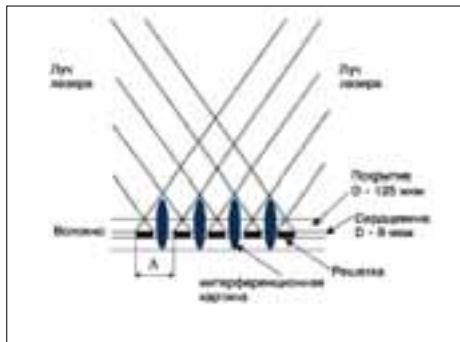


Рис. 2. Состав волоконно-оптической решетки Брэгга

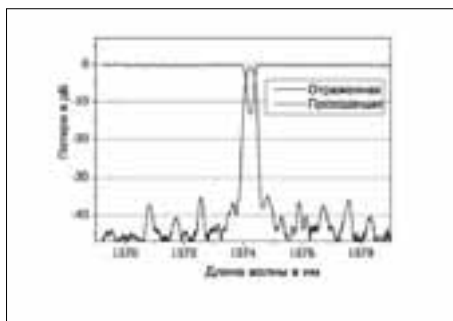


Рис. 3. Спектр волоконно-оптической решетки Брэгга

Принцип работы датчиков основан на том, что свет от источника попадает в волоконно-оптический кабель на одном конце волокна, а сенсор расположен на другом. FBG-сенсор отражает часть проходящего света с известной частотой, которая сдвигается в зависимости от степени деформации или температурных изменений. Сдвиг частот отраженного света как раз и регистрируется в особом блоке и затем переводится в определенные величины деформации и температуры (рис. 4).

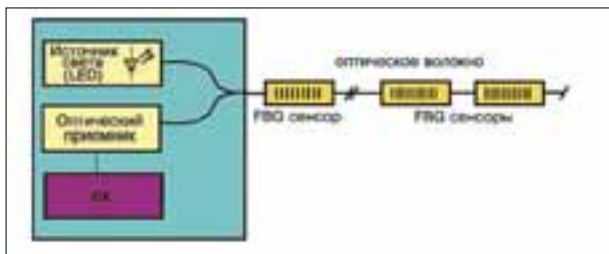


Рис. 4. Принцип измерения сдвига частот отраженного света

Решетка Брэгга действует по принципу периодического изменения коэффициента преломления внутри оптического волокна (рис. 5). Она отражает свет с определенной частотой, что зависит только от физической структуры решетки. Частота света меняется из-за деформации и тепла, влияющих на область расположения сенсора.

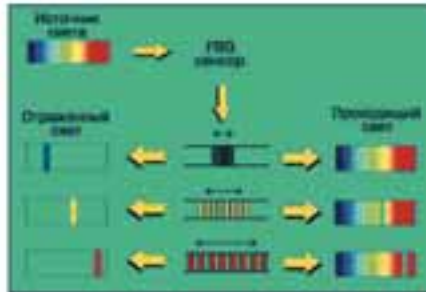


Рис. 5. Функции FBG сенсора

Удлиненный датчик деформации бетона (LG) может быть помещен как вкладыш в бетонную структуру, либо закрепляться на поверхности с помощью якоря (см. таблицу и рис. 6).

Таблица

Технические характеристики	Стандарты
База измерения, м	1...2
Диапазон измерений, мкм/м	-3000...8500
Разрешение (от диапазона)	10^{-4}
Точность (от диапазона)	10^{-3}
Рабочий диапазон температур, °C	-20... 80
Длина кабеля, м	до 1000
Оптические параметры	
Длина волны, нм	850/1300/1550
Длительность на 1/2 амплитуды (FWHM)(nm)	<0,3 или по заказу
Соединительное устройство	по заказу



Рис. 6. Удлиненный датчик деформации бетона (а); применение датчика (б); результаты полевых испытаний (в)

В системе мониторинга здания Московской законодательной и исполнительной власти ММДЦ «Москва-Сити» применяются сразу два вида датчиков: волоконно-оптические и струнные.

Струнные датчики отечественного производства располагаются на свайном поле, в плите и под плитой. В каждой из выбранных для установки датчиков свай устанавливаются:

- ✧ датчик под пятой сваи (для определения давления сваи на грунт) типа ПНГС-3(10);
- ✧ преобразователи силы арматурных ПСАС на двух уровнях по высоте сваи;
- ✧ датчики линейных деформаций бетона ПЛДС-400 на двух уровнях по высоте сваи.

В плите и под плитой устанавливаются датчики давления воды в дренажной системе ПДС-3(10) в уровне подготовки фундаментной плиты на контакте гравий–песок, а также датчики давления конструкции на грунт (ГД). В этих же местах в фундаментной плите устанавливаются:

- ✧ арматурные преобразователи силы типа ПСАС – в верхнем и нижнем рядах арматурного каркаса;
- ✧ температурные преобразователи типа ПТС-60;
- ✧ датчик линейных деформаций бетона типа ПЛДС-400.

Удлиненные волоконно-оптические датчики деформации длиной 2 м устанавливаются в фундаментной плите, верхнем и нижнем поясах, в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Все датчики выводятся в коммутационные коробки с последующим соединением с контроллером и интеграцией с системой управления зданием (рис. 7).



Рис. 7. Система управления зданием

В настоящее время на российском рынке представлено много систем управления зданиями, от надежного и правильного функционирования которых зависят комфорт и безопасность находящихся внутри людей. Выбор той или иной системы полностью зависит от заказчика. Автоматизированные инженерные системы здания (отопление, горячее и холодное водоснабжение, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование



воздуха, электроснабжение, контроль освещения, аварийная и пожарная сигнализация, охранная сигнализация, контроль доступа, видеонаблюдение, управление вертикальным транспортом и т.д.) являются своего рода нервной системой, обеспечивающей оптимальное и безаварийное функционирование всего комплекса инженерного оборудования, а также значительное снижение затрат на энергоресурсы и эксплуатацию.

Примером является разработка Научно-производственного объединения «Современные диагностические системы» (НПО СОДИС) многоуровневой структуры, на первом уровне которой находятся первичные датчики и оборудование, позволяющие измерить основные параметры конструкционной безопасности. Контроллеры системы обеспечивают управление локальными системами нижнего уровня, устройства интеграции осуществляют передачу информации о работе локального оборудования в сеть, пользовательские интерфейсы обеспечивают оптимальное управление.

Второй уровень представлен системой сбора, управления и первичной обработки данных измерений в режиме реального времени («on-line»), которая предназначена для централизованного управления, получения и обработки данных измерений с помощью каналов проводной или беспроводной связи, хранения результатов измерений, проверки работоспособности и калибровки первичных датчиков и оборудования. Далее комплекс специального программного обеспечения обрабатывает, отображает и оценивает реальное техническое состояние здания, т.е. диагностирует состояние основных строительных конструкций на предмет аварийности, либо извещает об их предаварийном состоянии.

Для обеспечения надежности и безопасности уникальных, особо сложных и социально значимых зданий и сооружений необходимо создать научно-технический экспертный центр конструкционной безопасности как некое объединение ученых и специалистов с необходимым программно-методическим и техническим обеспечением, который будет помогать в подготовке необходимых нормативных правовых актов в указанной сфере.

Необходимо также начать подготовку такого важнейшего документа, как национальный стандарт «Обследование и мониторинг технического состояния зданий и сооружений»; подготовить и ввести в действие технический регламент «Безопасность строительных конструкций высотных зданий» и методики технических решений по мониторингу состояния строительных конструкций. Реализация этих мероприятий позволит значительно снизить риск при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, а в экстремальной ситуации – спасти людей.