

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЯ

Козлов А. В.,

научный руководитель канд. техн. наук, проф. Борде Б. И.

Сибирский федеральный университет

институт космических и информационных технологий

Профессиональный мониторинг зданий и сооружений необходим, так как визуальное удовлетворительное состояние объекта часто не соответствует действительности. Мониторингом зданий называется постоянный контроль изменений технических характеристик объекта. Ставшие частыми случаи катастроф и разрушений жилых зданий заставляют обратить особое внимание на контроль состояния и грамотный мониторинг зданий. С целью отследить образование отклонений несущих конструкций сооружения от вертикали проводят специальные геодезические работы. Детальное обследование зданий и сооружений позволяет выявить факторы, влияющие на саму конструкцию, которые могут быть не очевидными. Это особенно важно, если воздействие является постоянным и может повлечь за собой приведение конструкции сооружения до аварийного состояния, что сделает объект непригодным для использования. Мониторинг зданий и сооружений эффективен только тогда, когда система создается совместно с проектировщиками и архитекторами, а также учитывает состояние всех основных элементов конструкции.

Современные тенденции в строительстве, а именно - увеличение этажности зданий, уплотнение городской застройки, стесненность строительных площадок, освоение подземного пространства, насыщение инженерными коммуникациями неизменно приводят к возникновению и последующему увеличению негативного техногенного воздействия проводимого строительства на уже построенные объекты, расположенные в прилегающих зонах.

Аварии на внутренних сетях, коррозия металла конструкции, перегрузки вследствие неправильной (или не профильной) эксплуатации, изменение свойств грунта, которое влечет за собой осадку сооружения - все эти дефекты нуждаются в постоянном специализированном обследовании. Результаты наблюдений должны быть внесены в акт технического обследования на момент строительных работ. Исходящие из них расчеты будут оптимальными для усиления конструкций или восстановления после серьезной аварии.

Сегодня один из основных вопросов – какие напряжения испытывает строительная конструкция в контролируемой области – решается с помощью различных моделей в сочетании с данными традиционных датчиков, парк которых достаточно ограничен. Волоконно-оптические датчики позволили расширить рамки контроля напряженно-деформированного состояния в системе технического мониторинга строительного сооружения. Одни из наиболее перспективных типов волоконно-оптических датчиков, применимых в строительстве, в качестве параметра, регистрируемого преобразователем, используют интенсивность световой волны [4, 5]. Степень изменения интенсивности световой волны в результате воздействия внешней среды на преобразователь позволяет однозначно определять величину этого воздействия. Причем механизм изменения оптической интенсивности может иметь различные причины – отражение, поглощение, микро изгибы и т.д. [1][2][3]

Преимуществами волоконно-оптических датчиков являются:

- защищенность от воздействия электромагнитных полей;
- высокая чувствительность;
- надежность, воспроизводимость и широкий динамический диапазон измерений;
- малые габариты и вес;
- высокая коррозионная и радиационная стойкость;
- электроизоляционная прочность;
- пожаробезопасность;
- возможность спектрального и пространственного мультиплексирования чувствительных элементов;
- расположенных в одном или в нескольких волоконных световодах;
- значительное расстояние до места проведения измерений;
- малое время отклика;
- высокая защищенность информации от несанкционированного доступа;
- малые габариты и вес конструктивных элементов.

Волоконно-оптические датчики температуры, давления, вибрации и деформации объектов, в течение последних нескольких лет активно разрабатываются во всем мире. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации в указанном направлении, анализ которых позволяет сделать однозначный вывод о важности и перспективности описываемых волоконно-оптических систем для практических приложений. Во многих случаях (особенно если речь идет о распределенных измерениях в условиях повышенной взрыво- и пожароопасности, об удаленной регистрации стационарных и динамических процессов) авторы опубликованных работ отмечают полное отсутствие альтернативных способов измерения.

Известно, что в ЕЭС и США успешно реализован целый ряд пилотных проектов по внедрению и эксплуатации волоконно-оптических систем для контроля состояния автомобильных и железнодорожных мостов, линий электропередач, для измерения распределения механических нагрузок в конструктивных материалах лопастей вертолетов и крыльев самолетов.

Одним из новых и наиболее перспективных вариантов волоконно – оптических датчиков (ВОД) температуры давления, вибрации и механических деформаций являются датчики с использованием волоконных брэгговских решеток (показателя преломления в качестве чувствительного элемента. Волоконная решетка представляет собой отрезок волоконного световода (ВС), в структуре которого наведен дополнительный показатель преломления с определенным пространственным распределением. Волоконная брэгговская решетка обеспечивает узкополосное отражение, спектральное положение которого зависит от внешних воздействий. Это свойство брэгговских решеток дает возможность применять спектральные методы измерения физических величин (давление, температура, сдвиг, перемещение, вибрация и т.д.), позволяющие исключить влияние паразитных изменений амплитуды сигнала на точность проводимых измерений. Это является существенным преимуществом таких систем перед системами, использующими волоконно-оптические датчики амплитудного типа.

Точность волоконно-оптических датчиков основанных на применении волоконных брэгговских решеток при измерении температуры достигает 0.1°C , а при измерении относительной деформации - 10^{-6} . В настоящее время разработаны конструктивные решения, позволяющие обеспечить сочетание чувствительности и динамического диапазона измерений, требуемое для конкретных приложений. Волоконно-оптические датчики с серией брэгговских решеток, записанных в одном волоконном световоде и имеющих смещенные относительно друг друга резонансные длины волн, в настоящее время успешно применяются целым рядом западных фирм для квазираспределенного

измерения механических нагрузок. Внедряемые волоконно-оптические датчики способны обеспечивать в масштабе реального времени контроль следующих параметров:

- **механических деформаций элементов конструкций с точностью до сотых долей миллиметра, вызванных:**

- нарушением геометрических характеристик конструкций (деформацией, разрушением);
- изменением внешних условий (погодные, геологические, сейсмические факторы);
- изменением режимов работы (температуры, внутреннего давления и т.п.);

- **температурного распределения, характеризующего объект с точки зрения:**

- технологической безопасности (локальный перегрев);
- пожарной безопасности (превышение допустимой температуры);
- наличия недопустимых внешних воздействий (лесные пожары, техногенные катастрофы и т.п.);

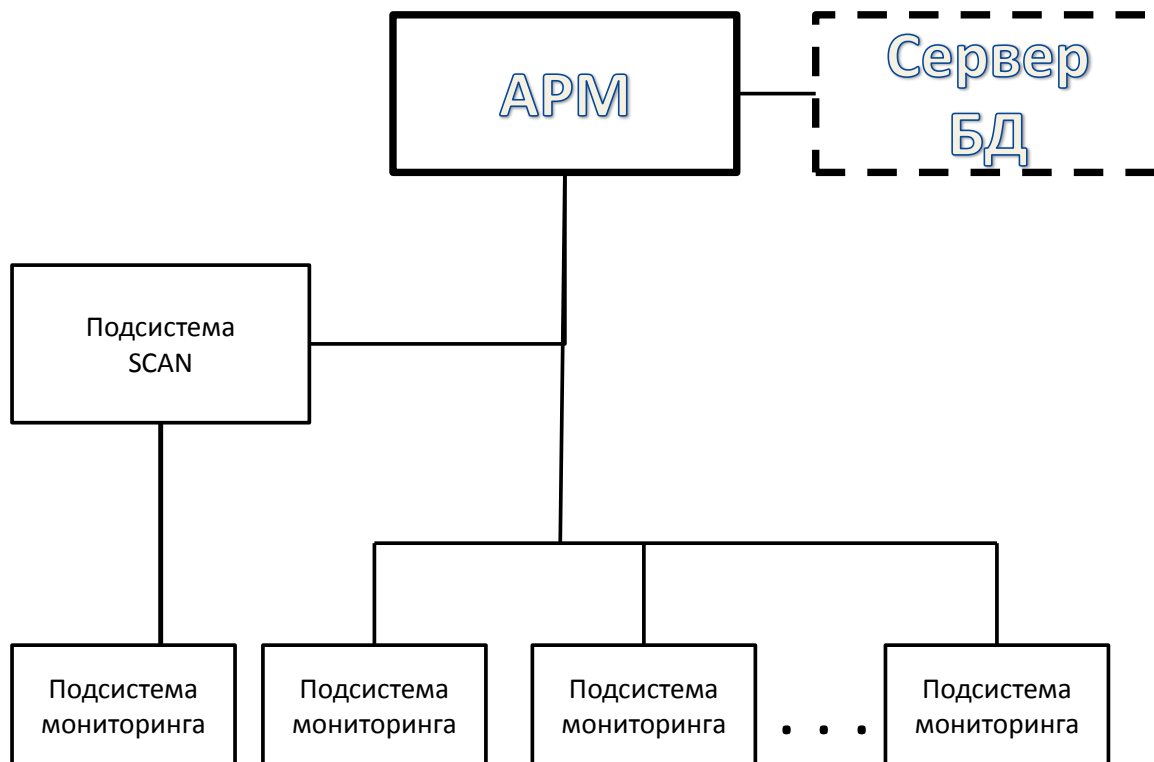
- **анализ акустического сигнала, регистрируемого высокочувствительным распределенным волоконным микрофонным датчиком, предоставляющий информацию о типах процессов, происходящих в контролируемой зоне по их характерным «звуковым отпечаткам» - спектрам звукового сигнала, следующих типов:**

- механические воздействия – сверление, мех. обработка, вибрация;
- звуковые воздействия, ударные волны и т.п.;
- утечки газов и жидкостей из пробоин и трещин;

нормальный режим работы агрегатов;

- **контроль периметра вокруг защищаемого объекта скрытым распределенным волоконным датчиком, обеспечивающий:**

- обнаружение факта нарушения защищаемого периметра;
- идентификацию нарушителя (вероятностную и сравнительную);
- характер деятельности производимой нарушителем в защищаемой зоне;
- локализацию местонахождения нарушителя в защищаемой зоне с точностью до нескольких метров. (зависит от размера охраняемой зоны).



АРМ (автоматизированное рабочее место) - рабочее место оператора, диспетчера и др., оснащенное средствами вычислительной техники с установленным специализированным программным обеспечением для автоматизации процессов переработки и отображения информации, необходимой для выполнения задания.

Управления измерительными устройствами будет осуществляться через программу разработанную в среде С++ с использованием драйвера NI-DAQmx.

Каждая подсистема на выходе будет передавать сигнал о нарушении или неисправности, что в дальнейшем будет записываться в базу данных. Далее оператор АРМ будет принимать решения исходя из полученных результатов.

Дополнительно к структуре добавлена система Scan, которая обеспечивает контроль деформации фундамента здания. В данную систему входят такие компоненты:

- датчики деформаций на решетках Брэгга (тензомер MuST)
- прибор сбора информации с датчиков

Волоконно-оптический (решетки Брэгга) датчик деформации MuST.

Датчики деформаций на решетках Брэгга (FBG) преобразуют деформацию в изменение сигнала (отраженного от деформированной решетки Брэгга).

Техническое описание датчика. Датчик состоит из активной и пассивной частей. Активная часть включает измерительное волокно и измеряет деформацию между двумя его концами, преобразовывая ее в изменение длины волны сигнала, проходящего через волоконную решетку Брэгга. Пассивная часть невосприимчива к деформациям и используется для подсоединения датчика к считывающему устройству. В пассивной части датчика можно установить несжатую волоконную решетку Брэгга для измерения и компенсации температуры. Датчики возможны в одностороннем, двустороннем и цепном исполнении. Возможно соединить до 6 полноценных датчиков. Датчики имеют на концах разъемы E2000-APC или другие – по требованию пользователя. Датчики можно легко установить, не нарушая порядок работы конструкции. Их можно легко погрузить в бетон и строительные растворы или установить на поверхность.

Технические характеристики.

| | |
|--------------------------------|---|
| Длина активной части | от 0.20 до 2 м |
| Длина пассивной части | от 1 до 200 м (большие длины доступны по запросу) |
| Преднатяжение изм. волокна | 0.5% длины активной зоны |
| Диапазон измерений | Деформации: 0.5 % на сжатие, 0.75 % на растяжение от -2500 мк до +3000 мк (для соединения в цепь) Температура: от -40 °С до +80 °С |
| Диапазон измерения температуры | от -40 °С до +80 °С |
| Рабочая температура | Пассивная часть: от -40 °С до +80 °С Активная часть (стандарт.): от -50 °С до +110 °С Активная часть (по спец. запросу): от -50 °С до +170 °С |
| Водонепроницаемость | 5 бар (15 бар с доп. защитой) |

Прибор сбора информации с датчиков SmartScan Interrogator. Предназначен для снятия показаний с датчиков, установленных в фундаменте здания.

Технические характеристики.

| | |
|--|---|
| Диапазон длин волн | 40 nm (1528 – 1568 nm) |
| Длина пассивной части | от 1 до 200 м (большие длины доступны по запросу) |
| Количество каналов | 4 |
| Максимальное количество каналов | 16 |
| Частота сканирования (все датчиков одновременно) | 2.5 kHz |
| Частота сканирования (за каждый датчик в свою очередь) | 25 kHz |
| Размеры | 140x115x85 mm |

Система Scan позволит контролировать нагрузку на конструкцию фундамента здания. Происходит растяжение активной части кабеля, измеряя деформацию между 2 краями, преобразует ее в изменение длины волны сигнала, проходящего через решетку Брэгга. Дальше по пассивной части информация передается на считывающее устройство. Дальше информация записывается в базу данных, и оператор АРМ принимает дальнейшее решение.

1. Мониторинг состояния здания. В настоящее время технологии мониторинга напряженности строительных объектов находится в стадии разработки, хотя последние внезапные разрушения зданий, как в нашей стране, так и за рубежом вывели эту проблему на одно из первых мест по обеспечению безопасности проживания населения, особенно в крупных городах. Избежать этих проблем поможет проведение мониторинга состояния грунтов, фундаментов, конструкций в процессе строительства и эксплуатации, а также применение систем безопасности. В мире разработано несколько методик, основанных на использовании различных физических эффектов, проявляющихся при изменениях напряженного состояния материалов строительных конструкций, что позволяет фиксировать такие изменения и получать информацию об их интенсивности и длительности. Общая цель мониторинга объектов — проведение системного долговременного контроля постоянных и временных нагрузок, перемещений и деформаций, а также усилий, возникающих в конструкциях. При этом система мониторинга обеспечивает

возможность контролировать напряжения и усилия в опасных сечениях с целью установления соответствия фактического напряженно-деформированного состояния конструкций расчетным данным проекта, а также обнаружения критических и предаварийных состояний, контролировать осадку зданий и сооружений. Системы для такого мониторинга должны разрабатываться на стадии проектирования здания и устанавливаться во время строительства для обеспечения наблюдения за состоянием конструкций в постоянном режиме. Для этого вида мониторинга используются комплексные автоматические стационарные системы, разрабатываемые индивидуально для каждого здания. Его проводят для выявления существенных изменений в их напряженно-деформированном состоянии (явного ухудшения технического состояния).

1. Борде, Б. И. Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем / Б. И. Борде // Учеб. пособие с грифом Минобразования. 2-е изд., перераб. и доп. / Красноярск. – ИПЦ КГТУ. – 2001. – 350 с.
2. Борде, Б. И. Программно-методический комплекс "Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем" Красноярск. – КГТУ. – 2006. – CDROM (языки русский, англ.). Номер гос. регистрации НТИЦ ИНФОРМРЕГИСТР 0320702238.
3. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 – 320 с.
4. <http://www.sprut.sitis.ru> “АСМК Спрут”