

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОНИТОРИНГУ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Современный мир столкнулся с глобальной проблемой безопасности жизнедеятельности человека. Это очень важный и серьезный вопрос. Разрушения с очень серьезными последствиями происходят в сфере транспортной инфраструктуры. Сюда можно отнести множество факторов: природные катастрофы, техногенные аварии, повышенные нагрузки, ошибки в проектировании и строительстве и так называемый человеческий фактор. На состояние искусственных сооружений в первую очередь влияют атмосферные, в частности ветровые нагрузки, растущие с каждым годом вес и скорость движения автомобильного транспорта, вибрации от транспортных потоков, изменения в грунтах. В достаточной степени негативную реакцию на эти факторы можно предупредить или уменьшить.

Учитывая вышесказанное, возникает задача обеспечения безопасной эксплуатации и нагрузки на необходимом уровне, то есть исполнения основной функции сооружения. Одним из инструментов, направленных на поддержание требуемых уровней надежности и функциональности сооружения, является инструментальный мониторинг.

Что же такое мониторинг. Это процесс непрерывного контроля текущего состояния объекта с накоплением информации и оценкой полученной информации с целью идентификации текущего состояния объекта. Это контроль изменения этого состояния во времени и взаимодействия объектов с природными и техногенными воздействиями на них.

Что представляет собой система мониторинга инженерных конструкций (СМИК). Это система датчиков, распределенных по сооружению, информация от которых постоянно сводится в центр приема. После чего эта информация выводится в удобном для восприятия виде и сохраняется.

Конкуренция обязывает разработчиков и производителей СМИК применять новейшие достижения, поэтому техническая база систем мониторинга – это оборудование, выпускаемое ведущими зарубежными компаниями – общепризнанными мировыми лидерами в производстве средств контроля и измерений, а также средств вычислительной техники и электроники.

Архитектура и общие характеристики системы

Пример общей архитектуры СМИК представлен на рис. 1. Нижний уровень СМИК состоит из датчиков, которые устанавливаются непосредственно на конструкциях в местах контрольных точек и блоков сбора данных, расположенных на объекте или контрольной станции, в зависимости от способа передачи информации.

Датчики соединяются с блоками

сбора данных при помощи проводной или беспроводной системы передачи. Блоки сбора данных принимают информацию, преобразуют ее и передают на следующий уровень.

Блоки сбора информации функционируют независимо друг от друга и от контрольной станции. Они выполняют предварительную автоматическую обработку информации с целью обеспечения передачи данных в режиме реального времени и подачи сигналов в отношении поведения самой конструкции.

Контрольная станция применяется для сбора информации, поступающей от блоков сбора информации, записи результатов на стационарный и съемный носители. Она позволяет визуализировать получаемую информацию в удобном для восприятия виде, выдавая данные в виде таблиц, графиков или диаграмм. Причем их можно получать как в текущем времени, так и за любой период функционирования системы. Станция осуществляет непосредственный контроль за блоками сбора информации

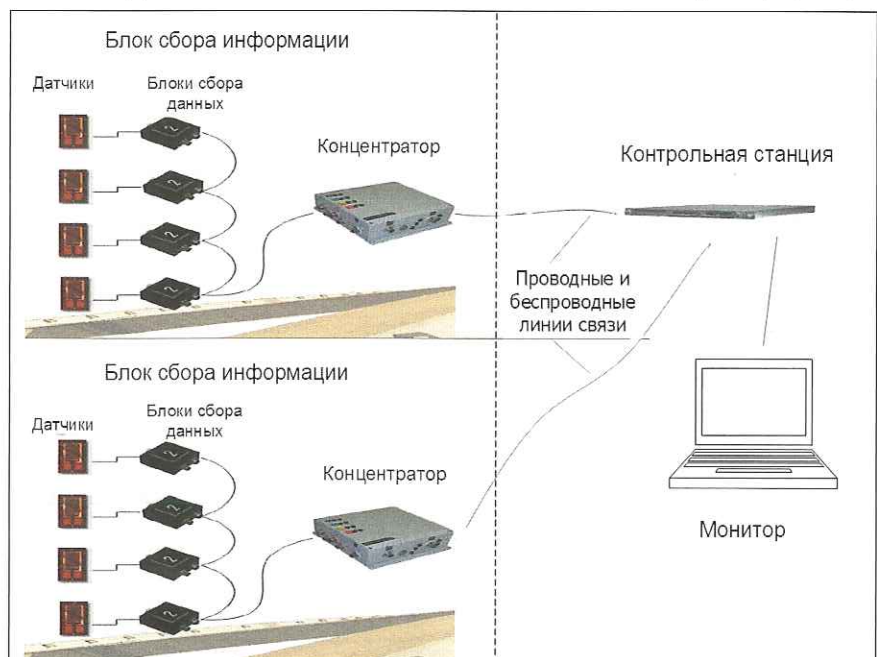


Рис. 1. Общая архитектура СМИК

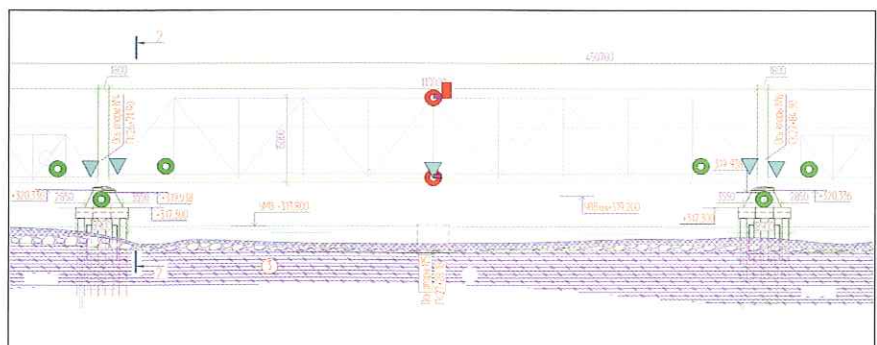


Рис. 2. Проект мониторинга пролетного строения

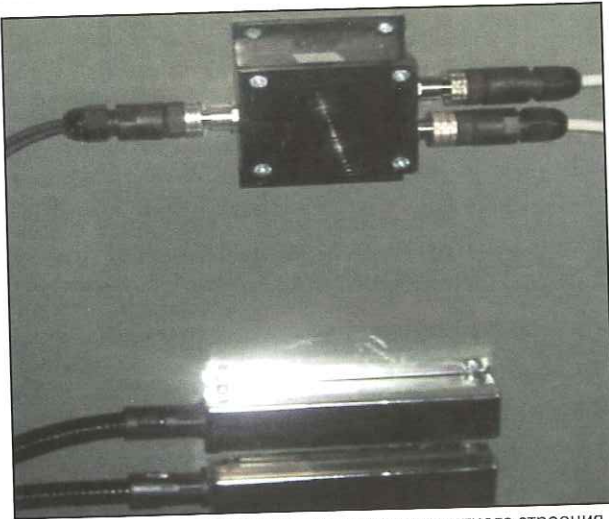


Рис. 3. Тензометрические датчики внутри пролетного строения.



Рис. 4. Установка тензорезисторов на несущих конструкциях высотного здания.

(диагностика, перезапуск и т. д.), оценку параметров работы системы слежения за объектом и распространение в режиме реального времени информации и сигналов оповещения, касающихся поведения конструкции, по проводному или беспроводному каналу связи в любую точку.

Применяемая номенклатура и количество датчиков определяется проектом.

Система датчиков позволяет контролировать рост напряжений и зарождение деформаций в конструкции сооружения или в основных ее элементах, отклонение от расчетных параметров, горизонтальные и вертикальные смещения, оценивать величину давления объекта на грунт, величину ветрового давления.

Превышение допустимых эксплуатационных нагрузок или негативные воздействия, приводящие к потере прочности сооружения, формируют сигнал аварийного оповещения. На схеме мониторинга может быть выделена проблемная зона, конкретизирован тип воздействия.

Номенклатура применяемых датчиков:

- тензометрические датчики деформации (напряжения);
- акселерометры – датчики ускорений и вибрации;
- инклинометры – датчики наклона;
- датчики перемещения – механические, лазерные или GPS;
- датчики контроля трещин и стыков;
- климатические датчики: силы и направления ветра, температуры и влажности.

Приведены только основные типы датчиков, применяемых в СММК. Фактически различных сенсоров производители выпускают множество, они могут выполнять несколько иные функции, нежели упомянутые.

Прежде чем кратко описать средства, позволяющие определять состояние параметров, необходимо еще раз отметить, что, как и для любой инженерной конструкции, построенные системы мониторинга должно

предваряться проектированием. Разработчики мониторинга совместно с проектировщиками сооружения определяют количество датчиков, их номенклатуру и места установки. Такой подход позволяет избежать как избыточности в построении системы, так и, напротив, учесть все точки, требующие контроля. Пример схемы проекта мониторинга пролетного строения представлен на рис. 2.

Мониторинг напряженно-деформированного состояния осуществляется с помощью тензометрических датчиков. Тензодатчики могут быть представлены как в виде тензорезисторов, которые приклеиваются либо привариваются к поверхности конструкции, так и в виде датчиков в герметичном корпусе, которые устанавливаются на поверхность с помощью винтового соединения, а также могут быть встроены в оптоволоконный кабель.

Мониторинг динамических колебаний проводится с применением акселерометров, установленных в местах, наиболее подверженных нагрузкам – серединах пролетов, вершинах пилонов, на крышах зданий и тому подобных (рис. 5).

Механические смещения частей конструкций в недалеком прошлом определялись лазерными датчиками линейных перемещений (рис. 7). Излучатель лазерного луча и приемник отраженного сигнала закреплялись на неподвижном основании в недоступном месте и нацеливались на мишень. Мишень-отражатель жестко устанавливалась на верхней точке конструкции.

Популярность данного метода объясняется его внешней простотой, но, когда дело доходило до практической реализации, обнаруживался ряд существенных недостатков.

Эти недостатки привели к необходимости использования инклинометрической системы, которая обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики.

Инклинометры – датчики угла наклона, расположенные на разных уровнях конструкции по высоте, позволяют получить картину изгибов здания и визуализировать ее с достаточной степенью достоверности. Инклинометры, установленные на основании, позволяют контролировать неравномерность осадок при работе конструкции.

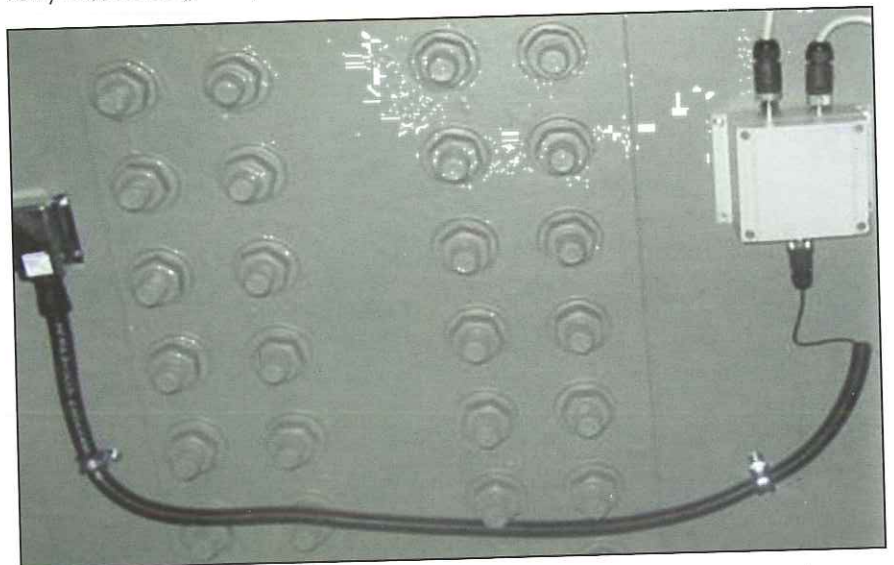
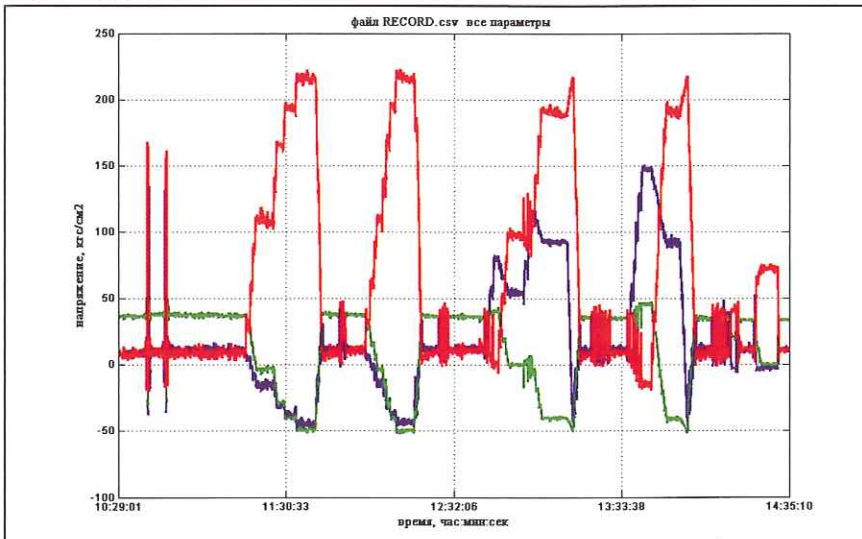


Рис. 5. Акселерометр внутри пролетного строения



Примеры реализации пользовательского интерфейса

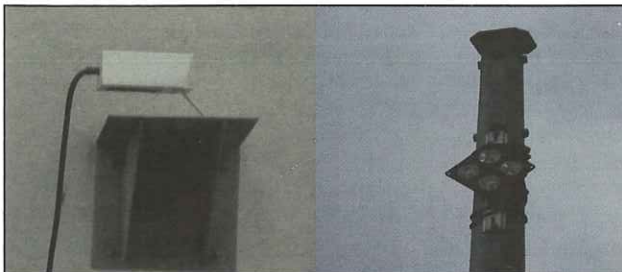


Рис.6. Лазерный датчик перемещений



Рис. 7. Инклинометр в защитном шкафу на несущих конструкциях

Для определения воздействия окружающей среды на состояние сооружения применяются метеостанции для комплексного анализа степени

влияния ветровых и температурных изменений. Блоки сбора данных могут находиться как в непосредственной близости с датчиками, так и в удалении от них у контрольной станции. Разница при этом существенная, поскольку блоки сбора данных осуществляют аналого-цифровое преобразование информации и выход в стандартный протокол. Таким образом, до блоков данные представляются в аналоговой форме и сигнал от каждого датчика идет по отдельному кабелю. После преобразования в блоке сигналы передаются в цифровом виде. Очевидно, что для аналогового сигнала к кабелю предъявляются более жесткие требования, поскольку помехозащищенность такого сигнала ниже, чем цифрового.

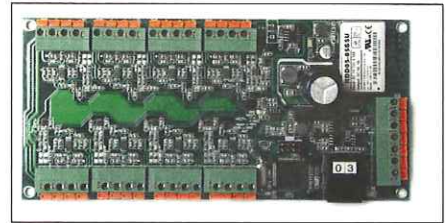


Рис. 8. Устройство сбора данных USD-A8



Рис. 9. Конвертер T-Node

Однако частота передачи по интерфейсу RS-485 сравнительно невелика, что делает его применение нежелательным, например, для высокочастотных вибраций. Данный интерфейс используется чаще всего, так как он позволяет передавать информацию на большие расстояния. Также надо заметить, что в случае использования большого количества датчиков передавать сигнал до контрольной станции аналоговым способом просто невозможно. Протягивать сотни кабелей по шахтам очевидно нереально.

Конструктивно блоки сбора данных могут концентрироваться на одной плате (обычно до восьми штук), как на рис. 8, либо каждый в своем корпусе (рис. 9).

Все устройства системы мониторинга устанавливаются с учетом возможных воздействий окружающей среды или вандализма, то есть со специальными защитными приспособлениями, как то защитные корпуса и контейнеры.

Программное обеспечение (ПО) системы мониторинга состоит из двух технологических комплексов, в состав которых входит соответственно (согласно техническому заданию):

- математическое обеспечение,
- информационное обеспечение.

Технологический комплекс сервера системы расположен на посту наблюдения, предоставляя информацию о состоянии также web-серверу. Состав данного технологического комплекса включает информационное обеспечение, серверное и клиентское программное обеспечение. Информационное обеспечение представляет собой рабочую базу данных (БД) на сервере системы, включающую:

- нормативно-справочную информацию;
- оперативное хранилище данных;
- архив.

К. Ю. Долинский;
А. А. Белый
(ОАО «ТрансСтрой»);
Г. В. Осадчий,
(ЗАО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург»)