

Использование автоматизированных беспроводных систем геотехнического мониторинга при строительстве объектов транспортной инфраструктуры

А.Ю. Бауков, канд. техн. наук, нач. отдела мониторинга зданий и сооружений, С.В. Павлов, вед. инж. отдела мониторинга зданий и сооружений, ЗАО «Триада-Холдинг», Москва

Аннотация

Рассмотрены вопросы проведения геотехнического мониторинга в процессе строительства объектов транспортной инфраструктуры в городских условиях. Излагаются перспективы применения современных беспроводных систем мониторинга при решении задач контроля различных параметров: деформаций, вибраций и кренов конструкций зданий, находящихся в зоне ведения строительства, гидрогеологических параметров и деформаций грунтового массива и т.д.

Ключевые слова

Беспроводная система мониторинга, вибрации, геотехнический мониторинг, городское транспортное строительство, деформации, крены, тоннели.

Abstract

The article is devoted to geotechnical monitoring techniques utilized in the course of construction of underground transportation facilities in big cities. It considers the use of cable-free systems to monitor deformations, vibrations and tilt of buildings located in the vicinity of construction sites as well as groundwater levels, soil deformations, etc.

Keywords

Cable-free monitoring system, deformation, geotechnical monitoring, tilt, tunnels, urban transportation facilities, vibration.

На сегодняшний день строительство любого объекта транспортной инфраструктуры, ведущееся в городских условиях, немислимо без осуществления полноценного непрерывного мониторинга как непосредственно строящегося объекта, так и окружающей застройки и грунтового массива, попадающих в зону влияния работ.

В частности, строительство новых перегонных тоннелей и станций метрополитена в г. Москве, направленное на развитие инфраструктуры общественного транспорта, осуществляется, в основном, в «спальных» районах, где в зону ведения работ попадает большое число многоэтажных жилых домов, различных инженерных коммуникаций.

Задача максимального снижения рисков возникновения аварийных ситуаций при сохранении проектных темпов ведения строительства является чрезвычайно актуальной. Естественно, что одним из основных инструментов, позволяющих решить данную задачу, является комплексный инструментальный мониторинг состояния грунтового массива,

а также существующих зданий, находящихся в зоне ведения строительства.

Наибольшее распространение получили следующие методы контроля состояния окружающей застройки и грунтового массива: периодические визуальные осмотры; геодезические наблюдения за осадками и горизонтальными смещениями по контрольным маркам, установленным на зданиях и в грунтовом массиве; контроль степени раскрытия существующих в зданиях трещин и температурных швов с помощью ручных деформометров; измерение уровня грунтовых вод [1, 2, 3].

Контроль с помощью применяемых в настоящее время средств измерений связан с большими затратами ручного труда, а в отдельных случаях и с субъективным характером получаемых результатов. В этой связи существует необходимость в максимальной автоматизации всего измерительного процесса в рамках единой системы контроля.

Для решения данной задачи специалистами ЗАО «Триада-Холдинг» разработана и введена в эксплуатацию беспроводная система мониторинга строительных конструкций UCM-433/GSM. При этом были определены основные контролируемые параметры:

- крены зданий и сооружений;
- степень раскрытия трещин и температурных швов;
- горизонтальные и вертикальные смещения грунтового массива;
- уровень и поровое давление грунтовых вод;
- вибрации конструкций зданий, находящихся в зоне ведения строительства.

Также при разработке системы мониторинга учитывались следующие особенности строительства подземных объектов городской транспортной инфраструктуры, в частности, метрополитена:

- строительство обычно ведется круглосуточно в максимально сжатые сроки;
- контролируемые объекты располагаются на значительной площади (например, протяженность трассы перегонных тоннелей метрополитена может достигать нескольких километров), что практически полностью исключает применение наблюдательной системы на основе кабельных линий коммуникаций [4];

– доступ к конструкциям контролируемых объектов ограничен. Часто работы можно осуществлять только на уровне 1-го этажа, а также в подвальных и чердачных помещениях;

– общая продолжительность наблюдений на объекте обычно не превышает 2–3 лет.

Требования к самой системе следующие:

- точность измерения должна обеспечивать выявление развития негативных процессов на ранних стадиях;
- простота установки и демонтажа оборудования на объекте контроля;
- максимальная универсальность регистрирующей аппаратуры, позволяющая измерять большое число параметров;
- возможность оперативной замены вышедшего из строя оборудования контроля без потери данных;
- высокая помехозащищенность как самой измерительной аппаратуры, так и каналов передачи информации;
- работа в сложных климатических условиях;
- необходимость ведения наблюдений в круглосуточном режиме с возможностью дистанционного изменения параметров контроля (периодичность измерений, значения порогов и др.);

– обеспечение круглосуточного доступа к данным мониторинга, а также оперативное оповещение (в случае регистрации системой контроля отклонений от заданного диапазона) всех заинтересованных лиц (представителей организации, ведущей мониторинг; служб технического над-

зора; организаций, осуществляющих строительство на объекте);

– возможность применения в одной системе контроля большого числа измерительных датчиков (до нескольких сотен).

Все эти требования учитывались при разработке автоматизированной беспроводной системы мониторинга UCM-433/GSM.

Система представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из следующих основных элементов (рис. 1): автономные малогабаритные беспроводные измерительные модули с различными первичными преобразователями; приемно-передающая аппаратура (блок сбора-передачи информации); программный комплекс, состоящий из модуля для работы в локальных условиях и Интернет-портала, предназначенного для работы в онлайн-режиме.

Универсальные беспроводные измерительные модули позволяют регистрировать весь спектр параметров с использованием различных первичных преобразователей, таких как потенциометрические датчики деформаций, MEMS-инклинометры, вибродатчики, пьезометры и др. (рис. 2, 3). Модуль работает в радиодиапазоне на частоте 433 МГц (не требует лицензирования). В каждом измерительном мо-

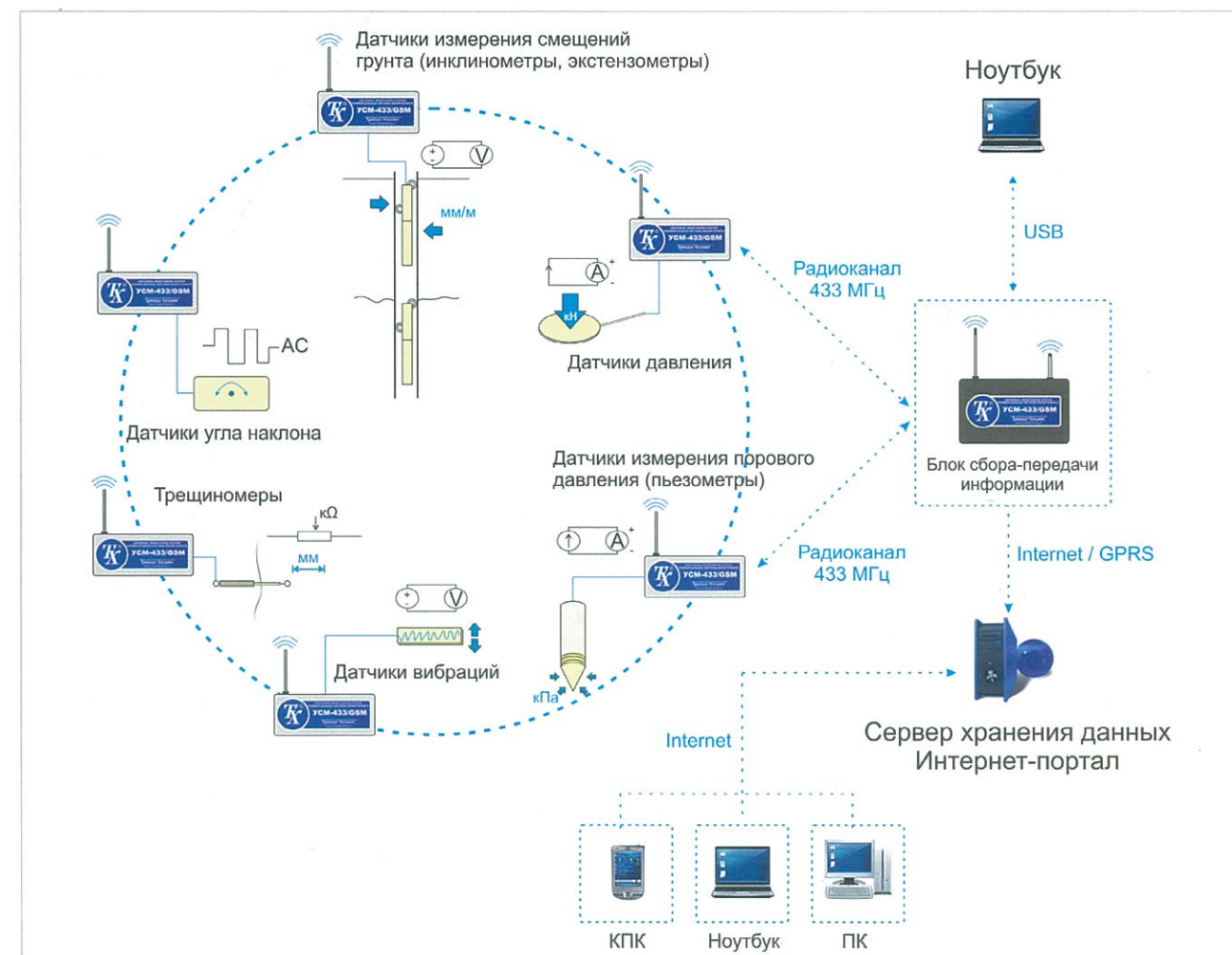


Рис. 1. Структурная схема беспроводной системы автоматизированного мониторинга UCM-433/GSM

дуле установлен датчик температуры для возможности температурной компенсации регистрируемых параметров.

Радиус действия измерительного модуля — 150–200 м в зависимости от условий установки.

По сути, измерительный модуль представляет собой портативный регистратор, имеющий встроенный контроллер, модуль АЦП, энергонезависимую память и беспроводной приемно-передающий блок. Все параметры модуля могут настраиваться дистанционно за счет обеспечения двусторонней связи с приемным оборудованием.

В качестве источников питания в измерительных модулях применяются батареи повышенной емкости, обеспечивающие непрерывную работу датчика в течение не менее 2 лет (с интервалом опроса 1 раз в час). Если необходимо продлить работу модуля на объекте на больший срок, элемент питания можно легко заменить на новый без демонтажа датчика. Каждый измерительный модуль имеет свой уникальный идентификационный номер и передает информацию на определенный заранее блок сбора-передачи данных.

Блок сбора-передачи предназначен для приема данных с измерительных модулей по радиоканалу, их хранения во внутренней памяти и последующей передачи либо на удаленный ftp-сервер Интернет-портала (с использованием встроенного GPRS-модуля), либо на локальный компьютер по радиоканалу (рис. 4). Питание блока осуществляется от сети переменного тока 220 вольт.

Интернет-портал представляет собой программный комплекс, позволяющий осуществлять хранение, обработку и визуализацию полученной с контролируемых объектов информации. Комплекс предоставляет защищенный паролем онлайн-доступ к результатам мониторинга неограниченному числу пользователей (с возможностью разграничения прав пользователя). Причем портал позволяет объединить в единую информационную базу данных сразу несколько систем контроля (различные автоматизированные системы геотехнического, геодезического, деформационного мониторинга, результаты ручных измерений). При работе с системой мониторинга UCM-433/GSM данные с блоков сбора-передачи информации поступают по GPRS-каналу на защищенный ftp-сервер, где происходит их автоматическая конвертация и запись в базу данных для дальнейшей обработки и визуализации.

Стандартная схема работы системы UCM-433/GSM выглядит следующим образом. На объекте устанавливается набор универсальных беспроводных измерительных модулей, оснащенных различными первичными преобразователями. Все модули настраиваются предварительно, и на самом объекте достаточно только установить их в проектное положение. Информация от измерительных модулей с заданным интервалом по радиоканалу поступает в блок сбора-передачи информации. В зависимости от условий объекта система UCM-433/GSM может эксплуатироваться в нескольких режимах.

При работе в сетевом режиме вся информация, поступающая с измерительных модулей на блок сбора-передачи информации, сохраняется в блоке, и в дальнейшем передается с заданной периодичностью по GPRS-каналу на удаленный Интернет-портал. При этом число измерительных модулей, подключаемых к одному блоку приема-передачи информа-



Рис. 2. Вид измерительного модуля со встроенным MEMS-инклинометром



Рис. 3. Установленный на конструкциях здания измерительный модуль, оснащенный потенциометрическим датчиком деформаций



Рис. 4. Блок сбора-передачи информации системы UCM-433/GSM может эксплуатироваться в различных погодных условиях

ции, составляет до двухсот штук, число блоков приема-передачи информации, используемых на одном объекте — не ограничено. При работе в локальном режиме (в отсутствие покрытия сотовой сети) на объекте возможна организация центрального измерительного пункта. Информация, поступающая с измерительных модулей на блоки сбора-передачи информации, передается на локальный сервер и в дальнейшем — на АРМ к диспетчеру.

При работе в автономном режиме все измерительные модули работают обособленно: измеренные значения сохраняются в энергонезависимой памяти модуля. Информа-

ция с модулей считывается с использованием портативного считывающего устройства по радиоканалу на переносной компьютер (ноутбук). В дальнейшем данные обрабатываются вручную.

Еще одной особенностью системы является то, что заказчику не обязательно приобретать все ее элементы в собственность, т.к. предусмотрена возможность аренды оборудования и Интернет-портала на время проведения строительных работ. Кроме того, она сертифицирована в системе добровольной сертификации средств измерений для возможности применения на объектах различного уровня ответственности.

К настоящему моменту накоплен значительный опыт эксплуатации данной системы на различных объектах строительства транспортной инфраструктуры, среди которых: мониторинг зданий при строительстве железнодорожного тоннеля № 6 «бис» в г. Сочи; мониторинг состояния тоннелей московского метрополитена, попадающих в зону влияния нового строительства; мониторинг зданий и сооружений при строительстве наклонного хода станции метро «Спортивная» в г. Санкт-Петербурге; мониторинг зданий и сооружений при строительстве станции метро «Горьковская» в г. Нижний Новгород. Помимо объектов транспортной инфраструктуры, элементы системы мониторинга UCM-433/GSM использовались на большом числе объектов различного назначения: при реконструкции Ново-Курьяновской станции аэрации в г. Москве, на Стойленском ГОКе, Белоярской атомной станции, Рублевской станции водоподготовки, Можайском гидроузле и др.

В завершение необходимо отметить, что внедрение автоматизированных систем геотехнического мониторинга подобного класса в комплексе с классическими методами контроля при строительстве различных объектов транспортной инфраструктуры в городских условиях позволяет рассматривать геотехнический мониторинг как эффективный элемент технологии строительства и дальнейшей эксплуатации.

Своевременно полученная (с использованием, в том числе, системы мониторинга UCM-433/GSM) информация об изменении состояния контролируемого объекта позволяет осуществить максимально оперативные действия по недопущению аварийных ситуаций (путем применения мероприятий по усилению зданий и грунтов оснований, корректировки скорости и методов ведения строительных работ и т.п.) при сохранении заданных темпов и качества строительства.

Литература

1. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.— М., 2010.
2. Пособие к МГСН 2.07-01. Обследования и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений.— М., 2004.
3. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции.— М., 1998.
4. Применение комплексных автоматизированных систем геотехнического мониторинга грунтового массива при проходке наклонных эскалаторных тоннелей метрополитена / А. Ю. Бауков [и др.] // Транспортное строительство.— 2012.— № 12.— С. 6–9.

Для связи с авторами:

Арсений Юрьевич Бауков, 8-917-579-00-67, baukov@triadaholding.ru



Производство гидроизоляционных, противокоррозийных и лакокрасочных материалов



Противокоррозионная защита металлоконструкций, зданий, сооружений, оборудования

Тел./факс: (812) 560-85-86, 560-04-22,
e-mail: office@maok.spb.ru, http://www.maok.spb.ru
ООО МАОК, г. Санкт-Петербург, ул. Седова, д. 37, лит. А