

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ LEICA GEOSYSTEMS ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

К.С. Локтионов («НАВГЕОКОМ»)

В 2008 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». В 2007–2008 гг. участвовал в работах по определению геодинамических смещений в районе Нефтекамского нефтяного бассейна. С 2010 г. по настоящее время — специалист по направлению «Геодезический мониторинг» компании «НАВГЕОКОМ».

В современном мире количество инженерно-технических сооружений резко возросло и продолжает увеличиваться. Непрерывно идет строительство жилых и административных зданий, возводятся мосты, расширяются сети дорожных сообщений. Рост числа инженерных объектов, безусловно, увеличивает риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Параллельно с возведением новых сооружений происходят и другие процессы — старение и разрушение уже существующих инженерно-технических объектов. Например, на данный момент в России функционируют 4254 гидротехнических сооружения, из которых, по информации ФГУП «Центр рос-

сийского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра», 627 находятся в аварийном состоянии или имеют недостаточный уровень безопасности. При этом, по данным МЧС России, в непосредственной близости от аварийных сооружений, возле плотин и дамб, проживают 4,5 млн человек. Нормативные сроки эксплуатации 70% крупных мостов в России уже сейчас превышены или приближаются к предельным значениям. Кроме того, согласно данным карты общего сейсмического районирования (ОСР-97-А), свыше 26% площади территории России относится к зонам, где возможны сейсмические воздействия интенсивностью 7 баллов и более. Но даже при незначительных сейсмических колебаниях инженерные конструкции испытывают колоссальные нагрузки, включая сопротивления на кручение и сжатие. Причем, некоторые из этих объектов ежедневно воспринимают механические воздействия, приводящие не только к сверхнормативным напряжениям, но и недопустимым частотно-амплитудным колебаниям.

Важная задача эксплуатационной безопасности граждан-

ских и промышленных сооружений — непрерывный контроль напряженно-деформированного состояния их несущих конструкций. В последнее время остро встал вопрос применения для этих целей комплексного оборудования. На рынок средств по мониторингу стали выводиться как отдельные устройства, так и комплексные системы контроля технического состояния сооружений. Они включают множество предложений по использованию автоматических датчиков, выполняющих диагностику деформаций в режиме реального времени. Однако подавляющее большинство подобных систем создавалось для каждого конкретного объекта, вплоть до решения отдельной, частной задачи. Такой подход исключал multifunctionality системы в целом, возможность ее использования на других объектах и не позволял реализовать полностью преимущества большинства измерительных средств.

Универсальное решение задач мониторинга инженерно-технических сооружений предложили производители геодезического оборудования. Компания Leica Geosystems (Швейцария) по праву считается ведущим производителем инже-

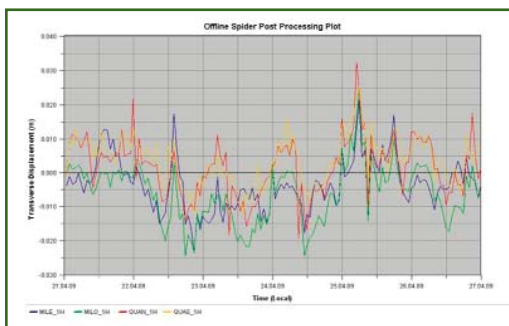


Рис. 1

График суточных колебаний вантового моста «Нормандия» (Франция)

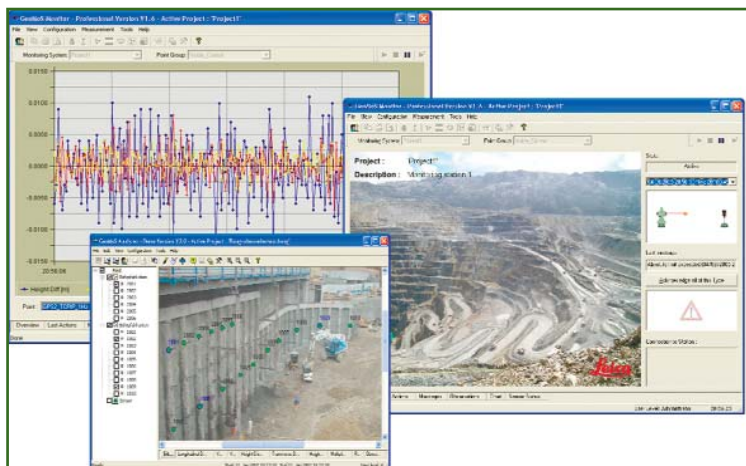


Рис. 2

Примеры обработки данных с помощью комплексной системы Leica

нерного оборудования и программного обеспечения для систем активного геодезического мониторинга. Такие системы призваны выполнять точный и оперативный контроль положения элементов конструкций (рис. 1), проводить анализ данных и предупреждать специалистов об аварийных смещениях на объекте мониторинга.

Система геодезического мониторинга может быть применена для контроля любых строительных конструкций: высотных зданий, мостовых, гидротехнических и других сооружений, а также для контроля состояния искусственных ландшафтов (карьеров, насыпей, шахт) и сейсмических параметров природных объектов. Преимущества комплексной системы Leica — совместимость датчиков всех типов в единой сети и возможность экспорта данных всех измерений в единую информационную базу. Данные компонентов системы обрабатываются в едином программном обеспечении (рис. 2).

В состав автоматизированных систем мониторинга входят как традиционные геодезические инструменты: высокоточные тахеометры (Leica 1200, Leica TM30, Leica TCA2003), цифровые нивелиры (Leica

DNA, Leica SPRINTER), приемники ГНСС (Leica GMX902 и Leica GMX901), так и специализированные геотехнические датчики: инклинометры (Leica NIVEL), сейсмометры, акселерометры. Примеры применения геодезических инструментов и геотехнических датчиков показаны на рис. 3 и 4.

Все используемые устройства для сбора данных объединяются в общую сеть, которая настраивается и управляется из единого центра контроля. Центр контроля представляет собой персональный компьютер с программным комплексом Leica GeoMoS, позволяющим принимать данные с устройств, регистрировать их, выполнять анализ и, в случае возникновения критических изменений на

объекте мониторинга, предупреждать об этом инженеров. Leica GeoMos позволяет отображать и анализировать данные измерений как со всех датчиков системы, так и с каждого в отдельности.

Оповещения об аварийных подвижках на объекте могут быть немедленно отправлены оператору сети по электронной почте, SMS или факсу. Оператор получит предупреждение об опасности именно тогда, когда значение контролируемого параметра достигнет заданной заранее критической величины. В качестве средств передачи данных между элементами сети может использоваться проводная и беспроводная связь (Wi-Fi, радиоканалы) и др.

Процесс измерения на всех датчиках системы и передачи данных в контрольный центр полностью автоматизирован и не требует участия человека. Измерения могут автоматически повторяться через заданные промежутки времени.

Еще одно важное преимущество автоматизированных систем мониторинга — гибкость комплектования. При необходимости можно без долговременной остановки процесса мониторинга добавлять, исключать или заменять элементы сети. Каждую сеть можно расширить и совместить с другими сетями. Например, в систему мож-

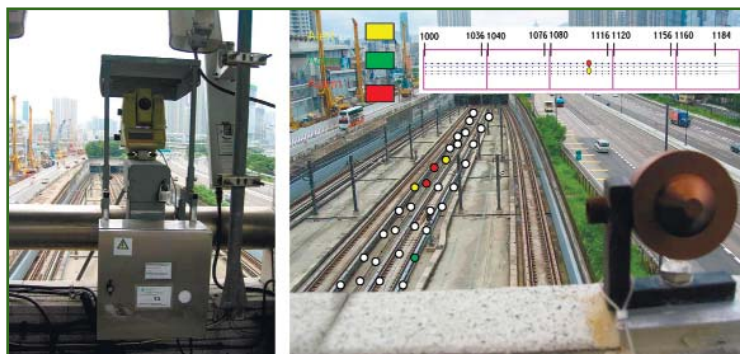


Рис. 3

Определение критического смещения железнодорожного рельса в районе строительства с помощью тахеометра

**Рис. 4**

Мониторинг трассы в Йоханнесбурге (ЮАР): инклинометр и тензометры

но включить модуль удаленного управления процессами GeoMoS Web. Он позволяет пользователю подключаться к интерфейсу Leica GeoMoS, просматривать в режиме реального времени данные измерений на объекте мониторинга и проводить инспекцию результатов из любой точки мира посредством сети Интернет.

Датчики системы, защищенные от погодных и физических воздействий (рис. 5), подключаются к источнику постоянного электропитания и устанавливаются в труднодоступных местах. В этих условиях автоматизированная система мониторинга способна непрерывно работать так долго, как это требуется.

В непрерывном режиме происходит сбор данных с прибо-

**Рис. 5**

Приемник ГНСС и блок питания закрыты металлическим коробом, а антенна снабжена защитным колпаком

ров сети, проводится обработка полученных результатов, и выполняется вывод значений на монитор оператора. Все измеренные параметры и результаты обработки записываются в единую базу данных Microsoft SQL Server. На основе накопленных данных можно судить о динамике объекта в целом, оперативно рассчитать прогноз развития деформаций, понять их природу и принять меры для предупреждения аварийной ситуации на конкретном участке объекта.

В настоящее время автоматизированные системы мониторинга уверенно закрепились среди инструментов для определения динамики деформаций при контроле строительства и состояния высотных зданий, тоннелей, железных и автомобильных дорог, мостовых конструкций, карьеров, шахт, гидротехнических сооружений и др.

Системы активного геодезического мониторинга, созданные на базе приборов и программного обеспечения компании Leica Geosystems, устанавливаются как на технически не сложных объектах, так и на истине уникальных сооружениях по всему миру. К таким объектам можно отнести: самое высокое здание в мире «Бурдж Халифа» (Дубай), мост «Нормандия» (Франция), алмазную шахту «Венетия» (ЮАР), плотину вдоль тоннеля «Готард» (Швейцария), тоннель под взлетно-посадочной полосой «Мадрид-Барахас» (Испания) и др.

Надо отметить, что в России автоматизированные системы мониторинга пока не получили должного развития. Вероятно, это связано с весьма консервативными взглядами инженерного аппарата, отвечающего за контроль сооружений, и слабой популяризацией подобных системных решений в нашей стране. Возможно, это происходит оттого, что многие специалисты

не до конца осознают целесообразность внедрения комплексных автоматизированных систем и не видят их преимуществ перед традиционными методами мониторинга.

Однако, если провести простые экономические расчеты, суммировав затраченные на традиционный мониторинг ресурсы (аналитический фактор, трудочасы персонала, транспортные и эксплуатационные расходы), то станет очевидно, что средней сложности сеть, включающая геодезические приборы и геотехнические датчики, окупается, примерно, за два сезона наблюдений. При этом для обслуживания даже самой сложной сети достаточно всего одного специалиста, а вероятность ошибок измерений почти равна нулю. Такие ошибки, как неточное наведение или пропущенные цели полностью исключены. Кроме того, данная система позволяет специалистам вести непрерывный мониторинг и своевременно реагировать на внештатные ситуации.

Следует помнить, что в окружающем нас мире нет ничего постоянного: изменяются природные и искусственные ландшафты, находятся в непрерывном движении строительные конструкции, но и не стоят на месте, совершенствуются и развиваются технологии контроля, позволяющие предотвращать техногенные катастрофы.

RESUME

The need for continuous monitoring deformations occurring in the civil and industrial engineering and technical facilities is substantiated. There are described the capabilities of the automated monitoring systems offered by the Leica Geosystems. Availability of the Leica GeoMoS software, the GeoMoS Web module as well as the modern communications means allows for the real-time object's state monitoring from anywhere in the world.