

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ

А.И. Яценко («Фирма Г.Ф.К.»)

В 1985 г. окончил Московский авиационный институт (МАИ) по специальности «конструирование вычислительных бортовых систем». После окончания института служил в ВС СССР. С 1987 г. работал на авиапредприятии, с 1996 г. — в компании «Трансаэро», с 2001 г. — в области строительного бизнеса. В 2002 г. окончил факультет экономики и маркетинга МАИ (государственный технический университет) по специальности «организация и управление производством». С 2007 г. — ведущий специалист по системам мониторинга в региональном офисе Leica Geosystems. С 2009 г. по настоящее время — ведущий эксперт по системам мониторинга ООО «Фирма Г.Ф.К.».

Нередко возникает острая потребность определить стабильность положения какого-либо объекта или локального сооружения, и, что особенно важно, количественно оценить величину, скорость и направления наклона, с минимальными затратами на закупку оборудования и проведение работ. При

этом данные желательно получить в цифровом виде дистанционно (например, через Интернет) с фиксацией времени измерений. Для этого целесообразно использовать инклинометры, позволяющие измерять величины угловых перемещений и определять их направления по двум взаимно перпендикулярным осям (см. Геопрофи. — 2010. — № 4. — С. 17–19). В этом случае достаточно в характерной точке объекта установить инклинометр, подсоединить регистрирующую аппаратуру, и задача решена. Информация о наклоне объекта по двум направлениям и температуре окружающей среды будет представлена в виде текстового файла, передаваемого на порт компьютера с заданным интервалом времени. Один из основных вариантов такого решения с использованием инклинометра Leica NIVEL 210 (Leica Geosystems, Швейцария) изображен на рис. 1.

Использование инклинометров Leica NIVEL 220, подключаемых в цепочку, позволяет устанавливать и соединять в измерительную сеть до 32 устройств по четырем проводам шины промышленной магистрали протокола RS485 (рис. 2). Информация о наклоне, как и в предыдущем случае, будет передаваться на компьютер, но с прис-

воением уникального имени каждому инклинометру.

Инклинометры Leica серии NIVEL 200 используются для мониторинга состояния различных инженерных сооружений как самостоятельно, так и совместно с другим геодезическим оборудованием. Рассмотрим возможности применения этих высокоточных датчиков для непрерывных или периодических наблюдений за пространственным положением мостовых конструкций, высотных зданий, плотин гидротехнических сооружений и пилонов базовых станций ГНСС.

▼ Мостовые конструкции

Прецизионные измерения с помощью цифровых инклинометров, выполняемые с высокой достоверностью, дали значительный толчок применению инклинометров Leica серии NIVEL 200 для контроля положения опор и пролетных сооружений мостовых конструкций.

Установленные на элементы конструкции моста инклинометры объединяются в измерительную сеть системы непрерывного деформационного мониторинга, которая позволяет проводить сбор, обработку и хранение данных, а также предоставлять полученную информацию для дальнейшего анализа. Инклинометры объединяются в группы как аппаратно, так и

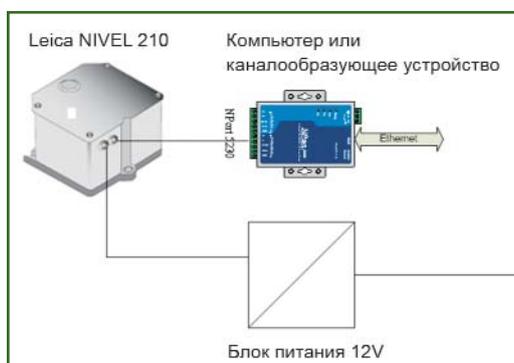


Рис. 1

Вариант подключения инклинометра для автоматической регистрации состояния исследуемого объекта



Рис. 2

Схема измерительной сети для подключения n-го количества инклинометров

программно. Каждая из групп инклинометров выполняет конкретные задачи. Например, одна группа измеряет величину деформации пролетов по углу наклона секции пролетного строения, а другая — смещение (наклон) опор (рис. 3).

Измерения, выполненные инклинометрами, дополняются данными, полученными геодезическими методами с помощью электронных тахеометров и (или) систем спутникового позиционирования.

Непрерывный деформационный мониторинг мостовой конструкции позволяет осуществить диагностику состояния как в статическом, так и в динамическом режиме (время прохождения транспорта и воздействия внешних факторов). Фиксация максимальных отклонений от проектных величин, а также учет веса проходящего транспорта и внешних погодных воздействий (скорость и направление ветра) предоставляют возможность расчета ре-

альных модулей упругости как конструкции в целом, так и ее отдельных элементов. По полученным данным происходит уточнение динамических характеристик элементов конструкции мостового сооружения.

▼ Высотные здания

Особое значение имеет задача мониторинга наклона высотных зданий и сооружений. Несколько инклинометров, объединенных в измерительную сеть, дополненную другим оборудованием, устанавливаются на плиту фундамента и элементы конструкции в районе ядра жесткости (рис. 4). Инклинометры, установленные на фундамент, регистрируют любые, самые незначительные деформации фундаментной плиты, а инклинометры ядра жесткости — наклоны основной оси здания как во время строительства, так и в период эксплуатации. Программное обеспечение для мониторинга, осуществляющее



Рис. 3
Пример установки инклинометра для измерения смещения (наклона) опоры моста

опрос инклинометров, геодезического и геотехнического оборудования, обеспечивает непрерывность наблюдений, а также сбор, анализ и сравнение значений измеренных величин с расчетными (проектными). Различия в величинах наклона элементов конструкции свидетельствуют о развитии локальных процессов деформации высотного здания.

Метод пространственного контроля возведения высотного здания Бурдж Халифа высотой 828 м* с использованием инклинометров Leica серии NIVEL 200, спутниковых геодезических ГЛОНАСС/GPS приемников Leica GX1230 с антеннами AX1202 и электронных тахеометров компании Leica Geosystems подробно описан в одной из статей журнала «Геопрофи» (см. № 6-2009, с. 8–13).

▼ Плотины гидротехнических сооружений

Контроль состояния гидротехнических сооружений в процессе их эксплуатации уделяется значительное внимание, так как от этого во многом зависит не только работоспособность агрегатов станции, но и

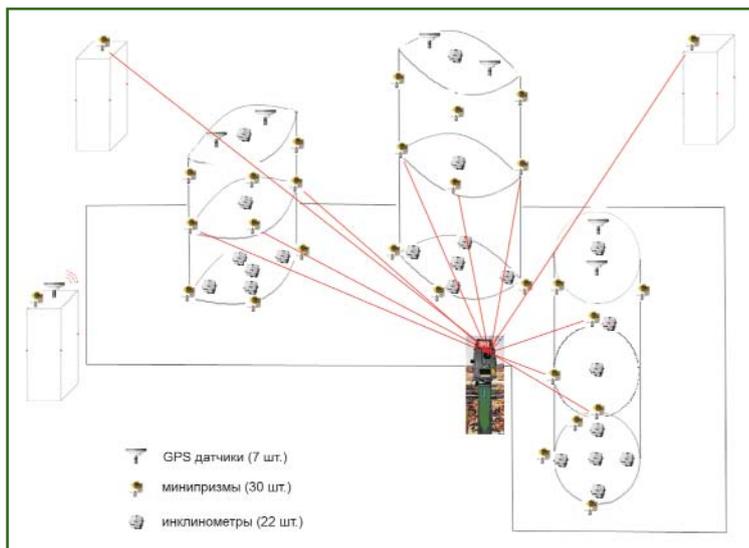


Рис. 4
Схема размещения инклинометров и геодезических датчиков для мониторинга высотных зданий

* 4 января 2010 г., на официальном открытии грандиозного здания Бурдж Халифа, сообщили, что окончательная высота здания равна 828 м, а не 818 м, как считалось раньше. Правитель эмирата Дубай, нынешний вице-президент и премьер-министр ОАЭ шейх Мухаммед бен Рашед Аль Мактум, открывая 828-метровый небоскреб, известный во всем мире под названием Бурдж Дубай (Burj Dubai), переименовал его в Бурдж Халифа, посвятив здание президенту ОАЭ шейху Халифе ибн Заиду ан-Нахайяну. (По информации сайта <http://ru.wikipedia.org>).

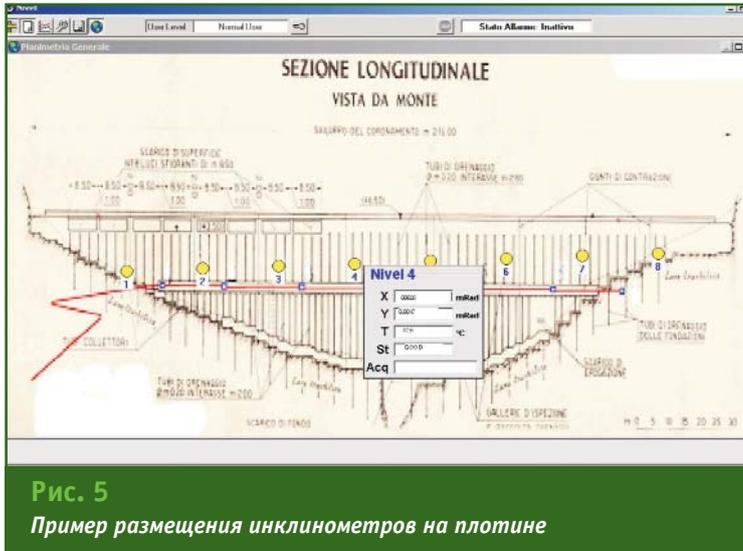


Рис. 5
Пример размещения инклинометров на плотине

безопасность людей, а также других объектов, расположенных вблизи плотины. Долгое время основными средствами контроля угловых отклонений тела плотин от проектных величин являлись прямой и обратный вертикальные отвесы, а также гидростатические нивелиры. Применение метода гидростатического нивелирования замедляло процесс создания автоматизированных измерительных систем за счет боль-

шой подготовительной работы по установке гидростатических нивелиров и значительной доли ручного труда при измерениях.

На ряде плотин за рубежом в качестве основного средства контроля состояния плотин используются измерительные системы, состоящие из инклинометров Leica серии NIVEL 220 в совокупности с другими геотехническими и геодезическими датчиками.

Измерительная сеть из инклинометров, установленных в местах размещения гидростатических нивелиров, обеспечивает автоматизированный сбор данных, дублируя измерения с помощью гидростатических нивелиров (рис. 5). Непрерывно поступающие данные от инклинометров периодически, по программе наблюдений, дополняются электронно-оптическими и спутниковыми измерениями, с целью уточнения планово-высотного положения плотины.

▼ **Пилоны базовых станций ГНСС**

Как частный случай, следует рассмотреть использование инклинометров для контроля стабильности положения пилонов базовых станций, на которых крепятся антенны приемников ГНСС. В составе приемника базовой станции Leica GRX

1200 + GNSS существует функция подключения инклинометра Leica NIVEL 210 для слежения за наклоном пилона спутниковой антенны ГНСС. Информация о состоянии наклона пилона передается в RINEX-сообщении базовой станции. Оператор сети базовых станций при анализе нестабильности сети, в случае необходимости, уточняет плановое положение пилонов.

Пример реализации контроля наклона пилона базовой станции ГНСС представлен на рис. 6. Штатное использование оборудования и программного обеспечения одного производителя гарантирует надежную работу всей сети базовых станций.

В заключение необходимо отметить, что кроме главных преимуществ инклинометров, таких как точность, надежность и стабильность измерений, существует еще одно неоспоримое достоинство — возможность подключения инклинометров Leica серии NIVEL 200 к комплексным программам мониторинга компании Leica Geosystems, таким как Leica GeoMoS и GNSS QC. Простота и открытость внутреннего программного обеспечения и команд управления инклинометров позволяют создавать программные модули и интегрировать их в собственное программное обеспечение измерительного комплекса.

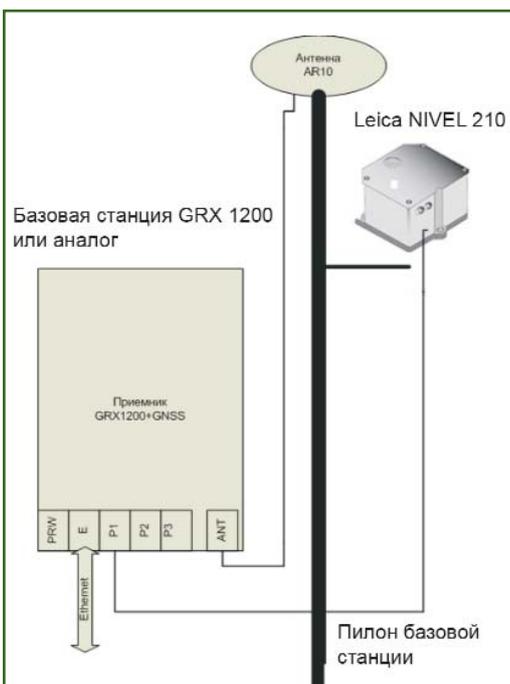


Рис. 6
Пример контроля наклона пилона базовой станции ГНСС

RESUME

By the example of the Leica NIVEL 200 inclination sensors some capabilities of these sensors are considered for monitoring spatial altitude of bridge constructions, high-rise buildings, dams of hydrotechnical constructions and pylons of the GNSS base stations. High precision, reliability and measurement stability are marked for these inclination sensor type.