

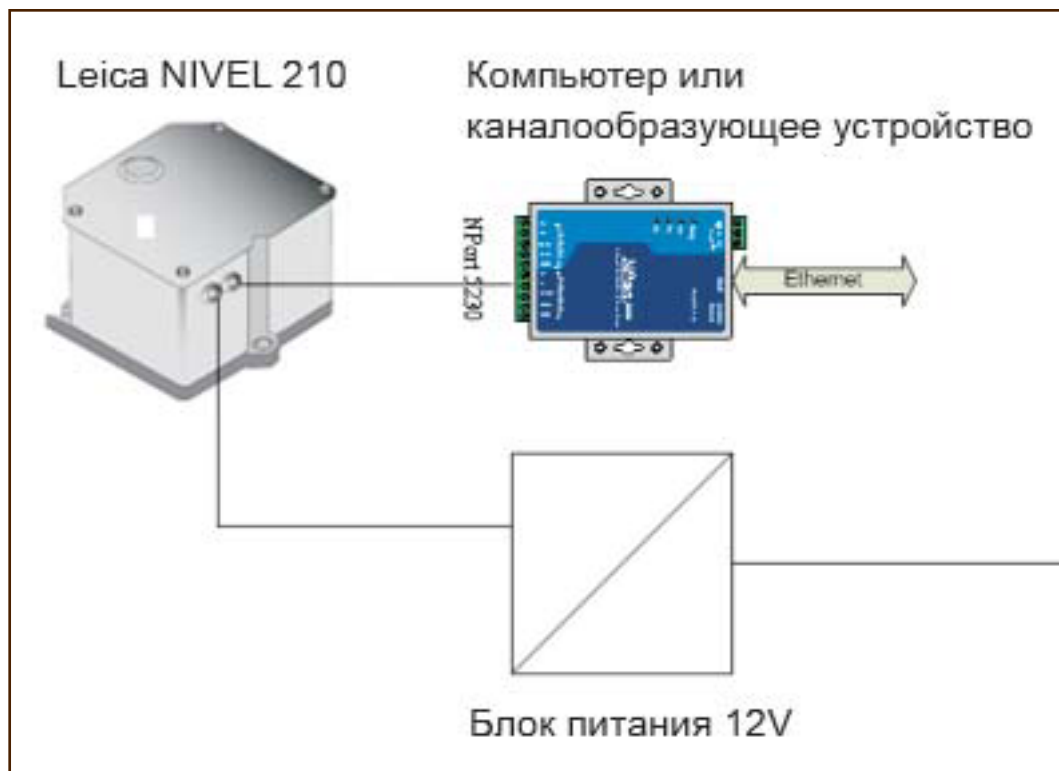
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНКЛИНОМЕТРОВ

А.И.Яценко

Тематика: оборудование для систем деформационного мониторинга

КОПИЯ ДЛЯ ЭКРАНА

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 их измерений. Для этого целесообразно использовать инклинометры, позволяющие измерять величины угловых перемещений и определять их направления по двум взаимно перпендикулярным осям. В этом случае достаточно в характерной точке объекта установить инклинометр, подсоединить регистрирующую аппаратуру, и задача решена.



Информация о наклоне объекта в двух плоскостях 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 присвоением 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 (периодических) наблюдений за пространственным положением мостовых конструкций, высотных зданий, плотин гидротехнических сооружений и пилонов базовых станций ГНСС.

Рис.1 Вариант подключения инклинометра для автоматической регистрации состояния исследуемого объекта



Рис.2 Схема измерительной сети для подключения N-го количества инклинометров

Мостовые конструкции

Высокоточные измерения с помощью инклинометров, выполняемые с высокой стабильностью, дали значительный толчок применения инклинометров Leica серии NIVEL 200 для контроля стабильности 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 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 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, веса проходящего транспорта и внешних погодных воздействий (скорость и направление ветра) предоставляет возможность рассчитать реальные модули упругости как конструкции в целом, так и ее отдельных элементов. По полученным данным происходит уточнение динамических характеристик элементов конструкции мостового сооружения.



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

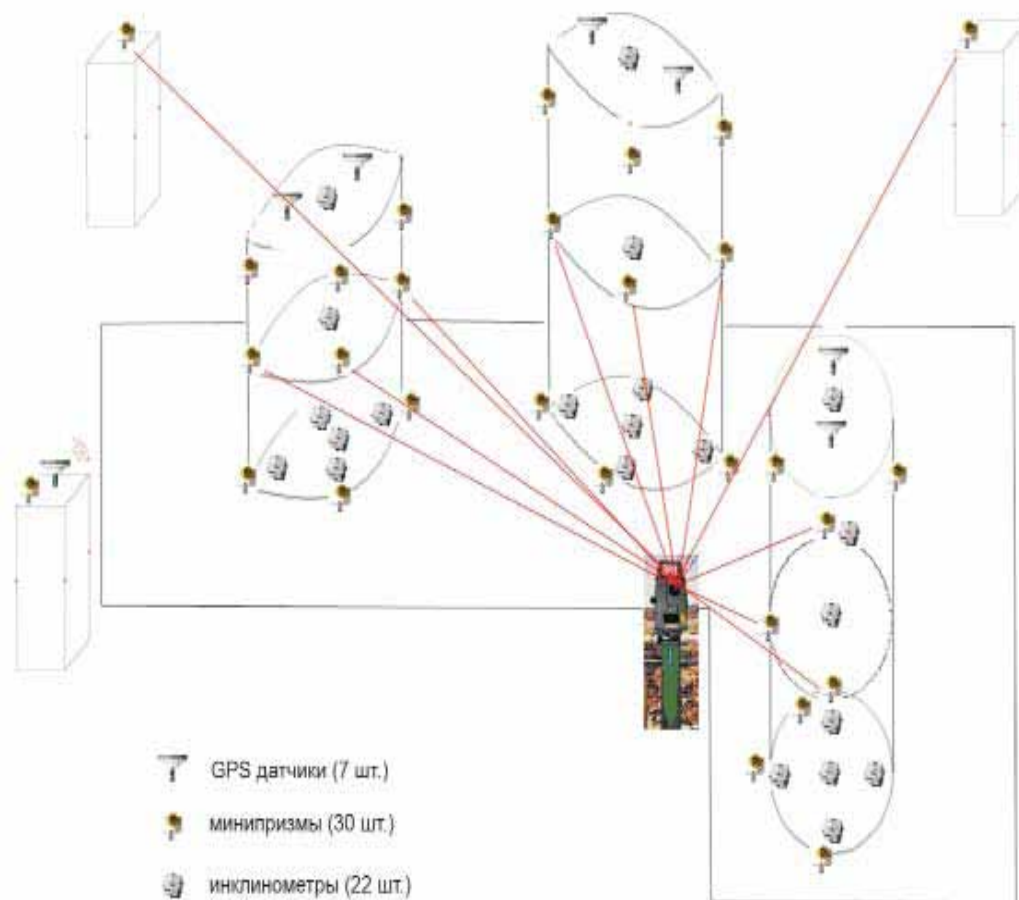


Рис.4 Схема размещения инклинометров и геодезических датчиков для мониторинга высотных зданий

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 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).

* 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 828метровый небоскреб, известный во всем мире под названием Бурдж Дубай (Burj Dubai), переименовал его в Бурдж Халифа, посвятив здание президенту ОАЭ шейху Халифе ибн Заиду анНахайяну. (По информации сайта <http://ru.wikipedia.org>).

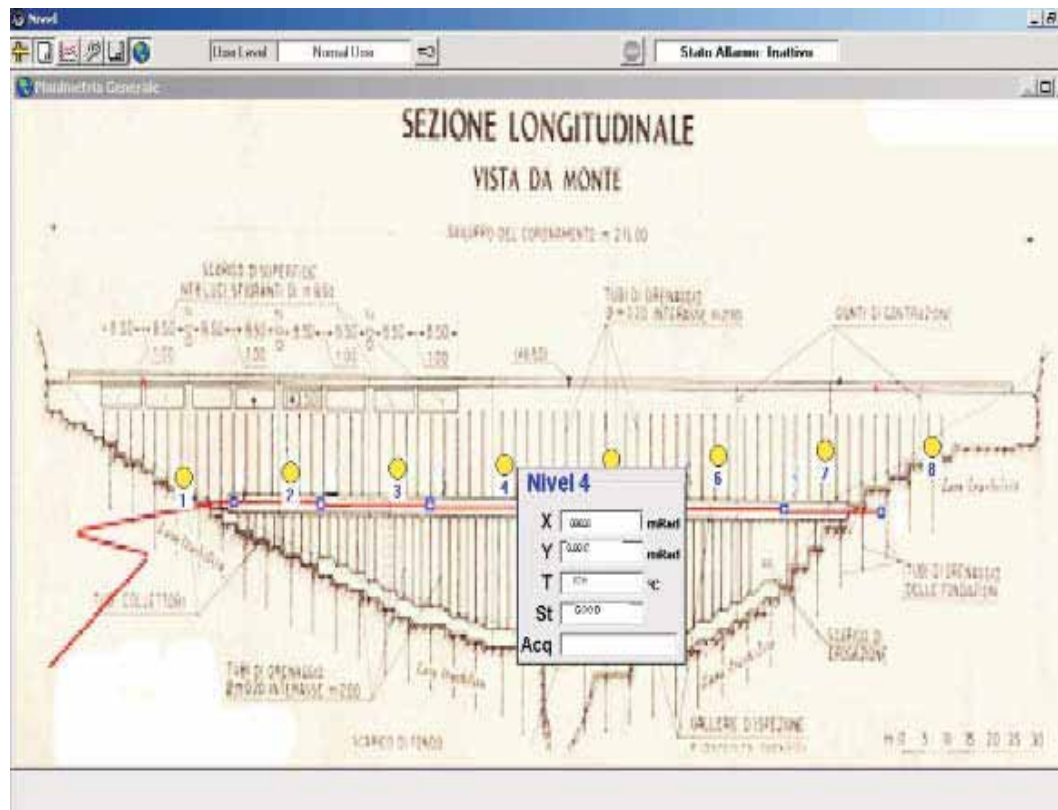
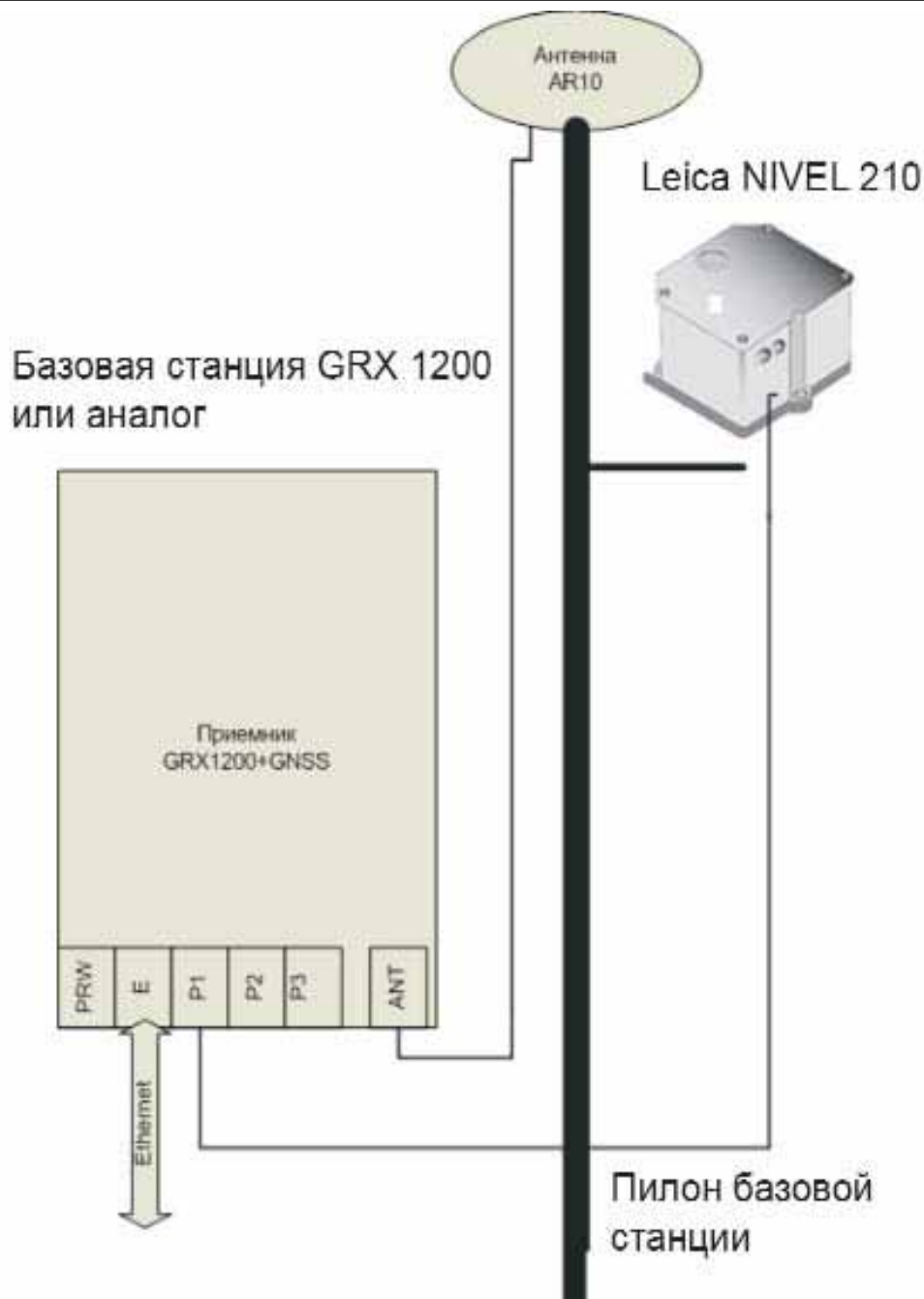


Рис.5 Пример размещения инклинометров на плотине

Плотины гидротехнических сооружений

Контролю состояния гидротехнических сооружений в процессе их эксплуатации уделяется значительное внимание, так как от этого во многом зависит не только работоспособность агрегатов станции, но и безопасность жизни людей, а также других объектов, расположенных вблизи плотин. Долгое время основными средствами контроля угловых отклонений тела плотин от проектных величин являлись прямой и обратный вертикальный отвесы, а также гидростатические нивелиры. Применение метода гидростатического нивелирования замедляло процесс создания автоматизированных измерительных систем за счет большой 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 плановысотного положения плотины.



Пилоны базовых станций ГНСС

Как частный случай, следует рассмотреть использование инклинометров для контроля стабильности 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 программного обеспечения и команд управления позволяют создавать программные модули и интегрировать их в собственное программное обеспечение измерительного комплекса.

Рис.6 Пример контроля наклона пилона базовой станции ГНСС