

Участившиеся случаи катастрофических деформаций и разрушений жилых домов и сложных сооружений заставили обратить внимание на контроль состояния зданий, строительных объектов, организацию их мониторинга.

Фактически мы являемся свидетелями зарождения и развития важного направления в строительстве - Обеспечение эксплуатационной безопасности объектов. Это понятие объединяет вопросы пожарной безопасности, охраны, защиты от террористических актов, функционирование основных и резервных инженерных систем при возникновении нештатной ситуации, средства спасения людей с верхних этажей и т.д.

В отдельное направление выделяется оценка состояния здания или сооружения, контроль элементов конструкции при нагрузке, влияние геологической среды на стабильность сооружения, поведение подземных вод, грунтового массива в его основании.

Термин "мониторинг", под которым понимается регулярный (постоянный) контроль изменений в состоянии зданий, применяется достаточно широко, но суть его трактуется по разному..

Осадки дома, смещение или отклонение от вертикали обычно фиксируют по положению специальных топографических марок закрепленных на стенах здания. Контроль проводится периодически и позволяет выявить основные тенденции в его поведении. Причины, вызывающие смещения и приводящие к необратимым изменениям объекта выясняют, как правило, не удается.

Набор негативных факторов, воздействие которых приводит к возникновению деформаций, вплоть до разрушения, достаточно широк. Это может быть внезапный снеговой, при котором нагрузка на крышу превышает допустимые пределы, авария системы водоснабжения и образование суффозионной воронки, развитие карстовой полости под домом и т.д. Как правило, можно выделить два этапа деформаций здания.

Первый этап длится 2-3 года, в течение которых происходят незначительные деформации нового дома, связанные с уплотнением грунтового массива, усадкой межпанельных швов и уплотнителей, перераспределением статических нагрузок с началом эксплуатации...

Затем наступает период относительной стабилизации, который может быть длительным, пока не возникнут негативные факторы, способствующие зарождению и развитию деформаций сооружения, приводящих его в негод-

ность. Значительный процент аварийных объектов появляется в крупных городах, промышленных центрах в связи с изменением (ухудшением) прочностных свойств грунтовых массивов под существующими зданиями, построенными 100-200 лет назад на слабых, ленточных фундаментах, с применением ином, чем сегодня, строительных материалов.

Жилой комплекс, высотное здание, инженерное сооружение это многокомпонентная система, взаимодействующая с геологической средой под ним. Грунтовый массив не является застывшей, стабильной формацией; горные породы, залегающие в основании крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Н.Новгород, Тула, Самара...) под воздействием города быстро изменяются, теряют изначальные свойства. В качестве наглядной иллюстрации последнего положения на рис.В. приведены геофизические разрезы межскважинного пространства, полученные с интервалом в 20-30 дней (НПГФ "Радиона ЛТД"), характеризующие изменение свойств пород после тектонического воздействия специальных растворов. Естественно, что концентрации агрессивных растворов в недрах городов значительно ниже, однако их суммарное влияние на грунты за 20-30 лет вызывает существенные изменения свойств последних.

Применение комплекса межскважинных методов инженерной геофизики (РВГИ - радиоволновая геointроскопия, СА - сейсмоакустика) позволяет получить информацию о строении всего объема горных пород основания сооружения, вовлеченных в строительство, увязать в единую схему всю инженерно-геологическую, гидрогеологическую информацию, полученную при инженерных изысканиях.

На рис.А.приведен фрагмент карты, характеризующей положение ослабленных грунтов, (проницаемых зон, испытавших тектоническое воздействие), построенной по материалам межскважинных исследований. При необходимости для всего объема пород может быть построена серия карт по интересующим проектировщиков горизонтам, серия разрезов, что позволяет учесть все нюансы инженерно-геологического строения площади застройки при проектировании. Наличие базовой, исходной модели геологического основания позволяет вести мониторинг подземного пространства и оптимально разместить в нем средства геотехнического контроля структурных и гидрогеологических параметров. Технология исследований изложена на сайте [www.gpiko.ru](http://www.gpiko.ru), там же приведены сведения о методиках ([www.geotmassiv.ru](http://www.geotmassiv.ru)) укрепления грунтов под зданиями. Применение такого подхода при инженерных изысканиях позволяет корректировать проектные решения при обосновании конструкции нулевого цикла сооружений, повысить надежность объекта; эффективно расходовать средства, увеличивая затраты на строительство (подземная часть, защита котлована) на проблемных участках и выбирая наиболее рациональный вариант для стабильных по геологическому строению площадей.

Контроль эксплуатационной безопасности объекта строительства эффективен, а система мониторинга наиболее оптимальна, если она создается совместно с архитекторами и проектировщиками и максимально учитывает параметры состояния основных элементов конструкции. Следует учесть, что часть датчиков технологически может быть установлена только при строительстве объекта. Для проектирования системы мониторинга мало определить перечень контролируемых элементов и конструкций, необходимо иметь достоверную информацию о реально существующих технических средствах, применение которых позволит проблему решить.

После трагедии "Трансвааль-Парка" были приняты определенные шаги по обследованию большинства крупных и потенциально опасных сооружений, разработано несколько диагностических комплексов для этих задач. В частности диагностический комплекс "Стрела" и аппаратура "Струна-3". По сути, их применение аналогично процессу проверки качества чашки или тарелки, когда продавец постукивает по ней карандашом и отбраковывает изделие, которое отзывается дребезжащим звуком (значит, в нем трещина). В рамках метода на разных этапах устанавливаются сейсмоприемники, производится возбуждение колебаний и по характеру зафиксированных сигналов делается заключение о монолитности объекта, надежности внутренних связей, выделяются ослабленные участки. Фактически, это единичное обследование, аналогичное геодезическому контролю параметров здания, а отнюдь не средство мониторинга.

Проблема контроля эксплуатационной надежности объектов в связи с повсеместными изменениями прочностных свойств горных пород и грунтов, усложнением строительных сооружений актуальна для многих стран. Например, Япония, стараясь строить высотные сооружения повышенной прочности, с учетом своего положения в сейсмоопасной зоне, большое внимание уделяет электронным системам активной защиты и демпфирования колебаний здания при землетрясениях, которые для большинства наших регионов излишни.

Более 30 лет занимается созданием технических средств мониторинга всевозможных строительных объектов компания SISgeo (Италия, [www.sisgeo.com](http://www.sisgeo.com)). Выпускаемые приборы для геотехнического мониторинга сооружений позволяют решать практически все вопросы контроля, возникающие при строительстве и эксплуатации сооружения, от котлована до готового объекта.

На Рис.С. представлена Схема мониторинга строительного котлована и окружающих зданий, применяемая при точечной застройке в историческом центре города. Технические средства (датчики, измерители) условно могут быть разделены на несколько групп, в зависимости от контролируемых параметров.

Инclinометры и наклономеры - стационарные и переносные, по условиям установки: поверхностные и встраиваемые. Маятниковые системы служат для контроля горизонтальных движений и деформаций высотных или вытянутых объектов (небоскребы, башни, плотины).

Экстенсометры (измерители смещений, базовых размеров, датчики осадок)- применяются для мониторинга поперечных растяжений, осадки или подъема. Скважинные, магнитные, трехкомпонентные - мониторинг горного пространства вмещающего инженерное сооружение, подземную часть зданий. DSM-система (дифференциального мониторинга осадок), предназначена для долгосрочного контроля за поведением здания.

Датчики нагрузки, датчики напряжений - применяются для мониторинга нагрузок в основании сооружений (датчики нагрузки грунта) или в строительных конструкциях (датчики нагрузки бетона), анкерные датчики используют для мониторинга вертикальных или горизонтальных нагрузок на опорные элементы сооружения

Тензометрические датчики контролируют возникновение и рост напряжений в стальных и железобетонных элементах сооружений. Установка производится на арматуру перед заливкой бетона при изготовлении (сваи, балки перекрытий, фермы, пролеты мостов и т.п.); приборы контролируют динамику процесса в строительной конструкции под нагрузкой.

Измерители трещин и стыков (Jointmeters) - измерители деформаций для контроля движений в горных массах, мониторинга раскрытия трещин, открытых стыков в сооружениях. Это электронный аналог привычных нам бумажных маячков. Эффективны для мониторинга зданий, поведения строительной конструкции при переменных нагрузках.

Гидрогеологический мониторинг (инженерная геология) - приборный ряд позволяет создавать локальные системы мониторинга грунтовых вод на различных горизонтах, контролировать изменения поровых давлений флюида, температуры.

Выпускаются уровнемеры, пьезометры, измерители микротечений, трансдюсеры, расходомеры.

Все датчики выдают результаты в цифровом виде, такой сигнал может регистрироваться любыми цифровыми накопителями (вплоть до портативного PC Notebook) информации. Это, в сочетании с использованием накопительных регистраторов, позволяет создавать на объекте эффективные, локальные системы мониторинга, максимально учитывающие все конструктивные и эксплуатационные особенности здания.

Регистраторы и накопители - пригодны для сбора информации от всех датчиков и измерителей не зависимо от их специализации. ADK-10 - многофункциональный, универсальный регистратор с функциями командно-обрабатывающего комплекса. Программное обеспечение (Multilogger) реализовано для мониторинга в режиме реального времени. Система проводит сканирование накопительной информации, настройку каналов, задание периода сканирования, ввод пределов контролируемых параметров (сигналов) с выдачей аварийного оповещения, графическое отображение информации, коммутацию перекачки данных на удаленный пункт контроля и обработки.

Эксплуатационная безопасность сооружения в условиях современного города напрямую зависит от того, насколько эффективна система мониторинга его состояния в каждый момент времени. Как показывает практика, период от зарождения деформации в строительной конструкции до ее разрушения с трагическими последствиями может быть очень коротким. Именно поэтому для особо важных, сложных, многокомпонентных конструкций и сооружений спорадические обследования, даже с применением диагностических комплексов, не приемлемы. В этом случае предпочтение должно быть отдано системам, способным осуществлять по многим параметрам постоянный контроль состояния объекта в режиме реального времени, выдавая сигнал аварийного оповещения, когда контролируемые параметры превышают допустимые пределы безопасной эксплуатации.

Сухин В.В.

Производственно-научная компания "Геофизические системы контроля информации - ООО ГПИКО ЛТД"

Тел. 781-4986 (87-89)  
Факс: 258-0080  
Моб. (916) 247-5721  
E-mail: [gpiko@gpiko.ru](mailto:gpiko@gpiko.ru)  
[www.gpiko.ru](http://www.gpiko.ru)

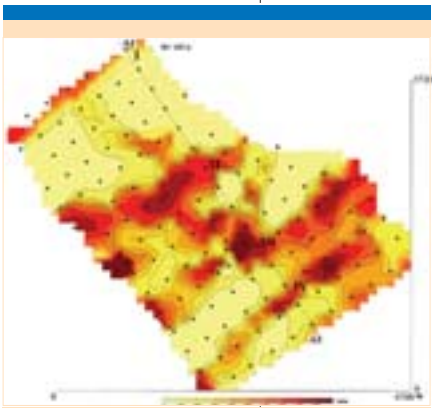


Рис. А. Фрагмент 3D-геоэлектрической карты массива мерзлых пород РВГИ на частоте 156 кГц по сети скважин 400x400 м.

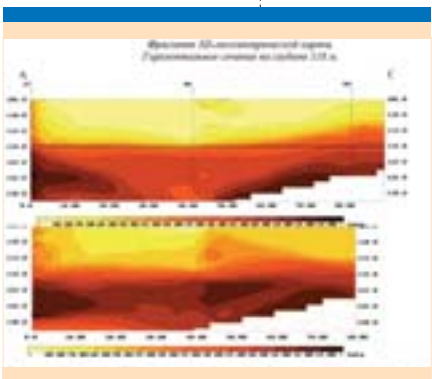


Рис. В. Вертикальные разрезы 3D-геоэлектрической карты до (вверху) и после (внизу) засыпания.



Рис. С. Инженерной защиты котлована