

Слепая вера или постоянный контроль?

Система мониторинга зданий и сооружений

Традиционные методы исследования надежности объектов и изучения геологии города хороши, привычны, но сегодня не способны обеспечить полную безопасность сооружений мегаполиса. Почему?

Этот и другие вопросы контроля состояния строительных объектов рассматриваются в статье директора Производственно-научной компании ООО «Геофизические системы контроля информации» **Виктора Сухина**.

Прогресс во всех областях строительства (жилищного, дорожного, подземного), новая высокопроизводительная техника, современные технологии и материалы открывают перед архитекторами, проектировщиками возможности усложнения построек и создания уникальных по решениям сооружений. Однако чем сложнее строительная конструкция (или электронная схема), тем больше вероятность выхода из строя любого элемента, тяжелее последствие и дороже ремонт.

Для повышения надежности военной техники или электронного оборудования обычно применяют дублирующие схемы, постоянный функциональный контроль, компьютерную диагностику работы всех основных узлов и агрегатов изделия и коммутацию жизнеспособных элементов для сохранения работоспособности устройства. Если же все принятые меры не позволили сохранить его, то при выяснении причин отказа техники обращаются к «черному ящику»: устройству, фиксирующему параметры функционирования основных элементов изделия, условия его эксплуатации и обстоятельства, при которых произошло разрушение или окончательный выход из строя. Полученный таким образом опыт позволяет усовершенствовать конструкцию и избежать повторения ситуации в дальнейшем. Все вышесказанное давно известно и широко используется во многих областях производства.

Во многих, кроме строительства. Пусть читатель вспомнит известные ему здания, которые оборудованы датчиками (приборами, устройствами) контроля состояния. Думаю, чтобы их перечислить, хватит пальцев одной руки. Системы пожарной безопасности, в частности датчики задымления, мы в рассмотрении не принимаем по той причине, что они сигна-

лизируют (по крайней мере, должны) только о возгорании, а не о состоянии объекта. Точно так же не касаемся вопросов охранной сигнализации, поскольку у нее другие функции; она с одинаковым старанием будет охранять и элитный коттедж, и заводской склад от проникновения злоумышленника. Физическое состояние объекта защиты в расчет не берется, главное — зафиксировать появление нарушителя на охраняемом объекте, включить сигнал тревоги.

Быть может, проблема постоянного контроля надежности, безопасности здания, строительного объекта в целом не актуальна? К сожалению, действительность нас убеждает в обратном и приводит весьма жесткие аргументы в пользу мониторинга зданий.

Человек так устроен, что инстинктивно воспринимает дом как надежную защиту от окружающей среды (очевидно, это чувство осталось в нас от предков, укрывавшихся в пещерах от зверей и врагов). Несознательно это ощущение переносится на другие здания и сооружения под крышей. Даже понятие «недвижимость», которое включает всевозможные строения, действует на наше подсознание, убеждая в стабильности и незыблемости их.

Это чувство простительно обычному гражданину. Но складывающееся в последние годы в крупных городах положение не может оставлять спокойными специалистов: строителей, проектировщиков, изыскателей, эксплуатационников, которые эту «недвижимость» создают и в дальнейшем поддерживают. Одной твердой веры в надежность зданий и сооружений сегодня уже недостаточно.

Причин для беспокойства несколько. **Первое**, катастрофически быстрое изменение свойств пород и грунтов в недрах города в сторону ухудшения

под влиянием городской инфраструктуры, прежде всего в результате утечек из систем ливневой, промышленной и фекальной канализации, отопления и водоснабжения. Поступление агрессивных растворов в подземное геологическое пространство вызывает в породах необратимые изменения, которые требуют в перспективе значительных затрат на борьбу с последствиями этого процесса.

Эффективное выявление участков измененных пород под зданием, локализация их в подземном пространстве для последующей реанимации (укрепления), контроль за эффективностью проводимых воздействий возможны только дистанционными методами инженерной геофизики, которые позволяют (при их правильном применении) получать информацию об особенностях геологического строения всего объема исследуемого горного пространства.

Второе, экспансия городского строительства в недра города, в подземное пространство, которое является естественной, хотя и стремительно дряхлеющей основой большинства зданий и сооружений. Сегодняшних, традиционных средств и способов инженерно-геологического изучения этого пространства на урбанизированной территории для проектирования крупных зданий уже не хватает. Задачи изысканий усложняются, глубина и объем исследований неуклонно возрастают.

Третье, проектирование и строительство крупных многофункциональных объектов, имеющих сегодня, как правило, несколько уровней подземного размещения, ведется на свободных площадях, которые ранее традиционно и небезосновательно считались «неудобьями». Это борта речных долин (а русла рек закладывались по наиболее ослабленным зонам), береговые склоны (где нередки оползневые процессы), низкие пойменные террасы, заболоченные участки, площади развития карста и т. п.

Четвертое, наблюдается естественное (эволюционное, если так можно выразиться в отношении неживых сооружений) усложнение строительных объектов, возведение зданий повышенной этажности («высотки», небоскребы), широкое применение большепролетных (пространственных) конструкций. Слабая инженерная защита крупных строительных котлованов, при точечной застройке исторического центра города, приводит к возникновению деформаций, иногда значительных, в окружающих зданиях.

По нашему опыту, создание крупного котлована провоцирует возникновение «активной зоны» радиусом 50–100 метров, в пределах которой весьма высока вероятность появления трещин в соседних строениях.

Перечисленные факторы и причины предопределяют применение новых приемов и методов исследований; межскважинные методы изучения и мониторинга подземного пространства (радиоволновое

просвечивание, сейсмоакустика), применение новых технических средств, как для контроля геологической среды, так и для мониторинга (эксплуатационного контроля) самого строительного объекта, инженерного сооружения.

Геологическое пространство (горные породы и грунты, которые служат основанием построек, строительных объектов) не является застывшей формацией. Происходящие в нем процессы, изменение уровней подземных вод, изменение химического состава последних, развитие карста или суффозии, целый ряд иных факторов кардинально меняют инженерно-геологические условия в городских недрах. Иными словами, меняется и требует постоянного контроля и изучения геология города. Традиционные методы исследований, основанные только на материалах бурения (описания керна скважин, лабораторные методы анализа и испытаний пород и т. д.) хороши, привычны, но сегодня их недостаточно. Почему?

Есть, по крайней мере, два момента, требующие иного подхода. Первое: информация, полученная по стволу скважины, не дает ответа на вопрос о стабильности геологической ситуации в межскважинном пространстве. Второе: геологические причины, вызывающие просадку, деформацию здания, обычно находятся непосредственно под ним, исследовать их традиционными способами инженерной геологии и геофизики не удастся.

Наиболее эффективными в данной ситуации являются дистанционные геофизические методы исследования межскважинного пространства, которые позволяют получать информацию о строении всего объема горных пород, заключенного в пространстве между скважинами.

И радиоволновое просвечивание (РВП) и сейсмоакустическое просвечивание (СА) являются волновыми методами. Методически и технологически они близки — опираются на единый математический аппарат и наиболее эффективны при комплексирова-

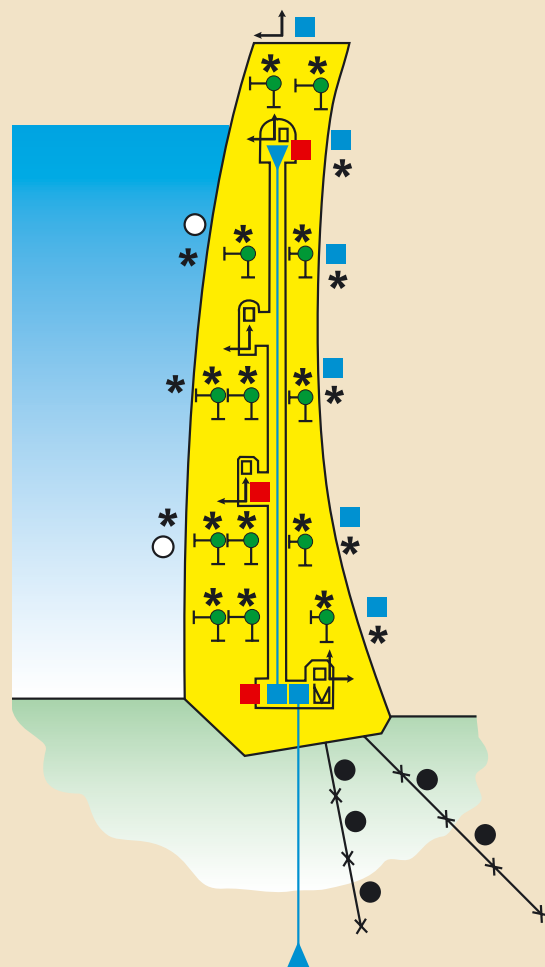


Рисунок 1.
Мониторинг
высотного дома

нии, поскольку в РВП исследуются электромагнитные свойства пород разреза, а сейсмоакустика описывается на прочностные и скоростные параметры тех же пород. В итоге после обработки воссоздается картина реального строения геологических пород в интервале исследований, могут быть выделены проблемные зоны и участки, которые требуют более детального исследования, усиления или контроля.

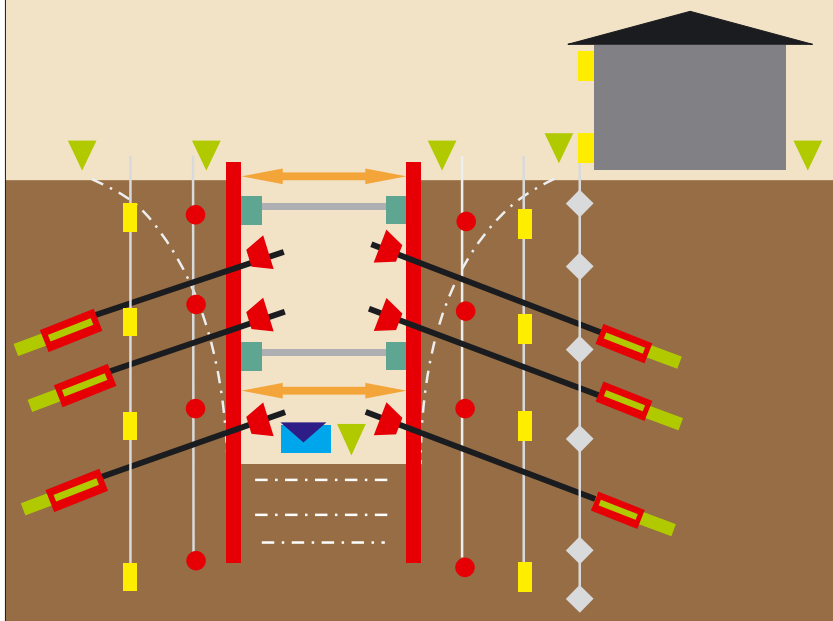


Рисунок 2. Мониторинг инженерной защиты котлована

Указанный подход позволяет значительно повысить эффективность бурения (которое поглощает львиную долю затрат при изысканиях, а достоверную информацию дает только о той точке, где скважина пробурена) и обоснованность результатов инженерно-геологических исследований на проектируемых объектах; в особенности при проектировании сложных и крупных строительных объектов, когда требуется исследовать большой объем горных пород на значительную глубину.

Каким бы производственным опытом ни обладал геолог, проектировщик или строитель, всегда существует вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, поскольку им приходится иметь дело с постоянно меняющейся геологической средой.

Практически любой крупный строительный объект является уникальным, как по своим конструктивным особенностям, так и в силу уникальности горно-геологической обстановки, в которой он создается и существует в дальнейшем.

Не менее важным моментом безопасности здания, инженерного сооружения является мониторинг его состояния, как в процессе строительства, что по-

зволяет избежать возможных осложнений и внести необходимые изменения в проект, так и в дальнейшем, в процессе эксплуатации.

Два примера. Несколько лет назад в Израиле обрушились перекрытия третьего этажа ресторана, когда там праздновали бракосочетание. Были жертвы. Ровно год прошел после трагедии «Трансвааль-парка». Десятки погибших и покалеченных. Не вдаваясь в рассмотрение технических причин обеих катастроф (это дело соответствующих комиссий по расследованию), можно с определенностью утверждать:

- любая деформация зарождается и развивается до критического состояния за определенное время;
- если бы эти объекты имели мониторинг-системы для контроля основных параметров объекта, поведения силовых (несущих) элементов под нагрузкой, трагедий удалось бы избежать.

По мнению специалистов нашей Производственно-научной компании ООО «Геофизические системы контроля информации», возможности для качественного проведения мониторинга зданий и сооружений у российских строителей есть. Так как сегодня на рынке появились современные цифровые приборы SISgeo (Италия), способные выдавать полезный сигнал, пригодный для регистрации любыми цифровыми накопителями (вплоть до PC Notebook). Технические средства (датчики, измерители, регистраторы) условно могут быть разделены на несколько групп, в зависимости от контролируемых параметров.

Инclinометры и наклонометры — стационарные и переносные, по условиям установки: поверхностные и встраиваемые. Поверхностные инclinометры (наклонометры) устанавливаются на вертикальных стенах зданий или сооружений для мониторинга наклона и (или) вращения. Стационарные наклонометры устанавливаются в скважинах на разной глубине и разработаны для непрерывного мониторинга критических зон, фиксируют смещения или деформации пород, грунтов. Переносные наклонометры позволяют производить оперативный контроль горизонтальных и вертикальных поверхностей по реперным, контрольным площадкам.

Маятниковые системы разработаны для контроля горизонтальных движений и деформаций высотных или вытянутых объектов (небоскребы, башни, плотины, мосты).

Экстенсометры (измерители смещений, изменений базовых размеров, датчики контроля осадок) применяются для насыпей (мониторинг поперечных растяжений, мониторинг осадки или подъема), ленточные измерители применяются для контроля схождения, измерения расстояний в котлованах или тоннелях, горных выработках. Скважинные, магнитные, трехкомпонентные — основа для мониторинга горного пространства, вмещающего инженерное сооружение, подземную часть здания. Датчики осадки,

DSM-система (дифференциального мониторинга осадок), предназначена для долговременного мониторинга, контроля за поведением здания.

Датчики нагрузки — применяются для мониторинга нагрузок в основании сооружений (датчики нагрузки грунта) или в строительных конструкциях (датчики нагрузки бетона).

Тензометрические датчики позволяют контролировать возникновение и рост напряжений в стальных и железобетонных элементах сооружений (с электрическим тензометрическим датчиком или вибрационным датчиком струнного типа). Установка производится на арматуру перед заливкой бетона при изготовлении основных элементов строительных конструкций (сваи, балки перекрытий, фермы, пролеты мостов или перекрытий и т. п.); позволяют контролировать динамику процесса под нагрузкой.

Гидравлические (анкерные) датчики нагрузки применяются для мониторинга вертикальных или горизонтальных (в принципе возможен любой вариант установки) нагрузок на основные опорные элементы сооружения.

Измерители трещин и стыков (Jointmeters) — датчики контроля, измерители деформаций для контроля движений в горных массах, мониторинга раскрытия трещин, открытых стыков в сооружениях. Эффективны для мониторинга оползневых склонов, мониторинга зданий, окружающих котлован, поведения элементов строительной конструкции при переменных нагрузках.

Гидрогеологический мониторинг (инженерная геология) — приборный ряд позволяет создавать на строительных площадках или на особо важных объектах локальные системы мониторинга уровня грунтовых вод на различных горизонтах, контролировать изменения поровых давлений, температуры, прогнозировать зарождение аварийной ситуации.

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

Регистраторы и накопители — выпускаемые компанией SISgeo регистраторы универсальны, пригодны для сбора информации от всех датчиков и измерителей независимо от их специализации. Регистратор данных ADK-10 представляет собой многофункциональный универсальный регистратор, в составе которого: микрокомпьютер, таймер, мультиметр, сканер, счетчик сигналов, калибратор, контроллер. Программное обеспечение (**Multilogger**) реализовано для осуществления мониторинга в режиме реального времени. Система проводит сканирование промежуточных накопителей информации, настройку каналов, задание периода сканирования, ввод допустимых пределов контролируемых параметров (сигналов) с выдачей аварийного оповещения, графическое отображение информации, коммутацию для перекачки данных на удаленный пункт контроля и обработки через COM-порт RS 232, модем, GSM.

Взаимный интерес наших компаний обусловлен тем, что мы заинтересованы в технических средствах для контроля стабильности здания, под которым провели исследования, установили ослабленные зоны и укрепили их одним из доступных методов. Результат проведенных работ желательно контролировать, только тогда появляется уверенность, что все работы были эффективны и качественны. Специалисты SISgeo, разрабатывая систему мониторинга конкретного объекта, прекрасно понимают важность достоверных исходных сведений о современном состоянии геологического пространства под зданием, инженерным объектом, в зоне развития оползня, на строительной площадке. Только с учетом исчерпывающей геологической информации возможно максимально эффективно установить систему датчиков для контроля объекта и горного пространства под ним.

В идеале, в свете современных подходов к вопросам безопасности сооружений, новой концепции строительных технологий, система мониторинга разрабатывается уже на стадии проектирования и создается при строительстве объекта. Это наиболее целесообразно, поскольку установить отдельные типы датчиков для эффективного контроля поведения основных строительных элементов в процессе их эксплуатации возможно лишь на стадии изготовления этих элементов. Кроме того, для новых, недавно построенных объектов; жилищных комплексов или высотных зданий, строительство которых завершается; для зданий и сооружений, которые имеют деформации и нуждаются в капитальном ремонте, усилении фундамента, создание системы мониторинга целесообразно начинать с исследования современного состояния горных пород под объектом, оценки инженерно-геологических особенностей подземного пространства, возможных геологических, техногенных, технических причин зарождения деформации.

Эксплуатационная безопасность строительного объекта в условиях современного города напрямую зависит от того, насколько эффективна система мониторинга его состояния в каждый момент времени. Экономить на разработке и установке систем мониторинга по меньшей мере неразумно. ■

