

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕОМОНИТОРИНГА СТРОЯЩЕГОСЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА В КИЕВЕ

Авторы

*И. С. Парахненко, И. В. Кедык,
SolData Украина (Киев)*

В Киеве, на проспекте Победы ведется строительство 40-этажного Общественного центра. Его высота составит 210 метров. Здание относится к категории уникальных — ведь подобных высотных строений на территории Киева и всей Украины единицы.

Сооружение 40-этажного центра требует тщательного контроля за состоянием основания и фундамента, деформациями грунтов и земной поверхности. Необходимо также мониторинг соседних зданий, ведь со стройплощадкой соседствуют знакомый киевлянам Центральный ЗАГС и жилые дома.

Весь комплекс работ по геотехническому, гидрогеологическому, геодезическому, акусто-сейсмическому мониторингу выполняет компания «SolData Украина». Почти все измерения производятся непрерывно и автоматически, а их результаты обрабатываются с помощью компьютерной системы.

Использование новых технологий и материалов позволяет возводить современные высотные и архитектурно сложные здания, которые внешне выглядят основательно и красиво. Теоретически они рассчитаны на длительную эксплуатацию, но проблемы долговечности, надежности и сохранности сооружений год от года становятся все значимее и важнее. Вопросы надежности новостроек усугубляются тем, что зачастую новые комплексы возводятся на площадях, на которых ранее строительство не велось. Это поймы рек, склоны оврагов и речных долин, заболоченные площади, насыпные грунты, участки развития карста, оползней, просадочных грунтов и т. д.

Более того, возведение новых зданий значительных размеров в условиях стесненного строительства в городах неизбежно оказывает влияние на существующие здания и сооружения, находящиеся в зоне деформации. В связи с этим конструктивно-геотехнический мониторинг должен быть неотъемлемой частью проектно-изыскательских работ и процесса строительства. Это условие качественного возведения конструкций на различных этапах строительства и безопасной эксплуатации здания в дальнейшем.

Геотехнические параметры, подлежащие мониторингу, зависят от гидрогеологических и грунто-

вых особенностей местности, а также от проекта выполнения земляных работ, возведения опорных конструкций и фундамента. Наблюдаемые параметры, определяемые конструкцией здания, связаны с напряженно-деформационным состоянием надземной структуры и зависят как от приложенных нагрузок, так и от осадочных искривлений фундамента. Ниже приведен перечень параметров, подлежащих измерениям, для подземной части высотного здания:

- уровень грунтовых вод и избыточное давление воды;
 - давление на опорных конструкциях основания;
 - механическая нагрузка на элементы жесткости (ядро жесткости, колонны, пилоны, стойки);
 - общая и дифференциальная осадка фундамента;
 - нагрузка и деформации в бетоне и в арматуре фундамента;
 - поверхностные и глубинные смещения грунта.
- Для надземной части высотного здания перечень параметров, подлежащих измерениям, следующий:
- нагрузка и деформации в бетоне и в арматуре несущих элементов;
 - смещение несущих элементов, отклонение их от вертикали;
 - боковые движения стен здания.

Для прилегающей территории контролируемыми параметрами являются поверхностные и глубинные сдвиги грунта.

Для соседних и граничащих с новым строительством зданий, находящихся в зоне деформации, ключевыми параметрами мониторинга являются смещения и деформации конструкций.

Рассмотрим реализацию автоматизированной системы мониторинга на примере здания Общественного центра, возводимого в Киеве. Объект отнесен к разряду уникального высотного строительства, принимая во внимание его проектную высоту и особенности возведения, а также отсутствие специальных наработок по сооружению подобных архитектурно-конструктивных комплексов. Проектная высота здания составляет 210 метров. Подземная его часть будет представлять собой восьмиуровневый паркинг. Функцию заказчика строительства, управляющей компании и технического надзора за строительством выполняет компания «KDD GROUP»¹.



Автоматизированная геодезическая система для наблюдений объекта строительства

В состав системы мониторинга входит ряд подсистем, обеспечивающих контроль состояния котлована, фундамента, прилегающих территорий, а также жилых домов и зданий, находящихся в зоне деформации.

Далее мы расскажем об основных подсистемах, с помощью которых выполняются непрерывные наблюдения за состоянием строящегося здания, геологической среды, земной поверхности и окружающей территории.

Мониторинг уровня подземных вод двух водоносных горизонтов

Геотехнический мониторинг уровня грунтовых вод и избыточного давления воды осуществляется в режиме реального времени с помощью системы сква-

¹ Проектирование и строительство высотного Общественного центра / А. С. Богдан, А. А. Франивский // Жилищное строительство. — 2009. — №11. — С.24-28.

жинных пьезометров открытого типа, установленных на различных уровнях от поверхности земли (поверхностные, уровни верхнего и нижнего водоносных горизонтов), которые размещены по периметру объекта строительства. Во избежание смешивания вод различных горизонтов в каждой скважине обустроен водонапорный стояк, состоящий из сплошных труб по всей его высоте и перфорированной трубы в нижней его части, которая является фильтром стояка и обеспечивает наполнение водой наблюдаемого водоносного горизонта. Каждая скважина оборудована датчиком давления воды мембранного типа, который погружается в водонапорный стояк и передает данные в единицах высоты водяного столба выше уровня установки датчика.

Геотехнический мониторинг деформации и напряжения в конструкциях фундаментов

Определение механических нагрузок на конструкцию основания периметральных колонн, которым является стена в грунте, на элементы каркаса здания (сталебетонные колонны) осуществляется с помощью автоматизированной системы геотехнического мониторинга, состоящей из долговечных тензометрических датчиков струнного типа. В «стене в грунте» тензометрические датчики расположены на различных уровнях у основания колонн таким образом, что дают информацию о нагрузке, передаваемой колонной на «стену в грунте», а также о распределении этой нагрузки в обвязочной балке.

Мониторинг давления на опорных конструкциях основания

Согласно проекту мониторинговой системы для контроля давления фундаментальной плиты, запроектированной на глубине 28 метров, на грунты основания запланирована установка датчиков давления. Это измерительное оборудование в сочетании с системой установленных тензометрических датчиков позволит оценить составляющую общей нагрузки от комплекса зданий, воспринимаемую и передаваемую на грунты основания «стеной в грунте» и фундаментальной плитой.

Геотехнический мониторинг общей и дифференциальной осадки фундамента

На самом нижнем уровне строящегося комплекса (уровень фундаментальной плиты) запланирована установка автоматизированной измерительной системы жидкостного уровня, которая с высокой точностью обеспечит контроль дифференциальной осадки здания. Эта измерительная система представляет собой сеть жидкостных датчиков поплавкового типа, размещенных на одном уровне на несущих элементах сооружения и объединенных воздушной

и жидкостной линией с общим резервуаром. Минимальные изменения уровня любого датчика влияют на равновесие жидкого уровня всей системы и поэтому фиксируются в автоматическом режиме с точностью лучше 0,1 мм.

Определение смещений и деформаций в опорных конструкциях

Возможные смещения и деформации «стены в грунте», которая ограждает котлован и служит основанием периметральных колонн, контролируются методами инклинометрических измерений. Для этих целей по всему периметру в теле «стены в грунте» на всю ее глубину заложены обсадные трубы и обустроены инклинометрические скважины для геотехнических измерений.

Мониторинг смещений и деформаций массивов грунта

Контроль прилегающей территории осуществляется с помощью системы грунтовых инклинометров и экстенсометров, а также коммуникационных реперов и грунтовых реперов с закладными.

Грунтовые инклинометрические скважины расположены как на территории, так и за пределами объекта строительства возле существующих жилых домов и нежилых зданий. Они дают информацию о горизонтальных перемещениях грунтовых масс на различных глубинах. Измерение осадки грунта осуществляется автоматизированными скважинными экстенсометрами, которые установлены вблизи грунтовых инклинометров.

Принцип работы многоуровневого скважинного экстенсометра заключается в следующем: экстенсометр состоит из нескольких закладных анкеров, размещенных в скважине и приведенных в плотное взаимодействие с грунтом на определенной глубине. Каждый из закладных анкеров соединен с инварным стержнем, который вертикально выходит из скважины до уровня монтажной пластины и свободно

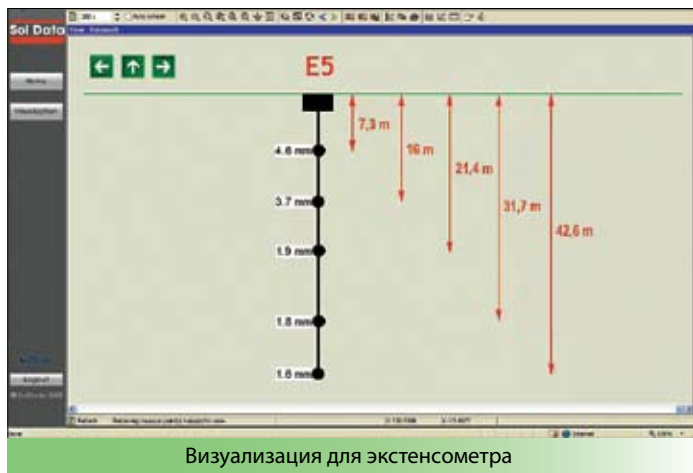
скользит внутри защитного кожуха. Монтажная пластина расположена вверху скважины, в ее оголовке. Движения закладного анкера, обусловленные вертикальным перемещением соответствующего слоя грунта, передаются стержнем наверх к измерительной головке и измеряются относительно монтажной пластины (поверхности земли). Результаты измерений осадки головки позволяют с высокой точностью определить абсолютную осадку во всех точках установки закладных анкеров.

Геодезический мониторинг приповерхностной осадки окружающей застройки

На территории строительства и за его пределами установлена сеть реперов, коммуникационных и грунтовых с закладной, предназначенных для контроля приповерхностной осадки грунтов и ее влияния на существующие городские коммуникации (водо- и газопровод, теплотрассу, высоковольтные линии электропередач).

Наблюдения деформации, крена и осадки прилегающих зданий и сооружений, а также прилегающей территории

Наблюдение за состоянием окрестных жилых домов, нежилых зданий, а также примыкающих к



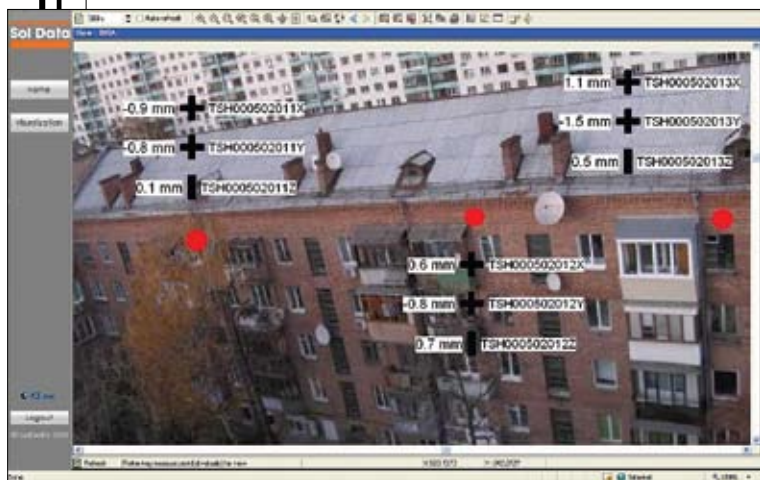
Система геодезического мониторинга «Кентавр»



Еще один роботизированный тахеометр на крыше здания



Визуализация наблюдаемого здания ЗАГСа



Визуализация результатов измерений деформаций окружающих зданий

объекту строительства автодорог и тротуаров осуществляется с помощью геодезической системы автоматизированного комплекса «Кентавр».

Геодезический комплекс «Кентавр» состоит из высокоточных моторизированных тахеометров, оптических призм на точках наблюдения и специализированного программного обеспечения, управляющего работой тахеометров и выполняющего математические расчеты для определения текущего положения точек наблюдения. Призмы наблюдения устанавливаются жестким креплением на поверхности наблюдаемых объектов — зданий и сооружений. Кроме призм, являющихся точками наблюдения, в поле видимости каждого тахеометра установлены призмы-референции на зданиях, находящихся вне зоны деформации, которые считаются неподвижными и служат для корректировки собственного положения тахеометра. Таким образом, входными данными для расчетов комплекса «Кентавр» служат оптические измерения положений совокупности призм наблюдения и призм-референций (измерения относительных углов и расстояния).

Применяется технология групповых расчетов, позволяющая обрабатывать данные, поступающие от нескольких тахеометров. Благодаря этому повышается точность определения текущего положения точек наблюдения и рассчитываются изменения положения точек в общей трехмерной системе координат.

Автоматизированный комплекс геодезического мониторинга «Кентавр» обеспечивает также непрерывные наблюдения за осадкой поверхности на близлежащей территории. Для этого в поле видимости каждого из тахеометров на дорожном покрытии люминесцентной краской отмечены точки наблюдения, измеряемые прибором в безотражательном режиме. Измерения с помощью наземных марок позволяют вычислить относительные изменения положения точек наблюдения в вертикальном направлении, то есть определить просадку или возвышение (вспучивание) грунтов.

Выявление амплитуды акусто-сейсмических вибраций несущих элементов конструкции прилегающих зданий

Автоматизированная система мониторинга Общественного центра включает также подсистему «Горгона», которая обеспечивает непрерывные наблюдения уровня сейсмических вибраций несущих элементов соседних зданий. Подсистема «Горгона» состоит из датчиков вибрации и центрального прибора, обеспечивающего управление, сбор данных и анализ результатов измерений. Трехосные датчики вибрации — геофоны — размещены в подвальных помещениях соседствующих со строящимся объектом зданий и объединены в единую сеть средствами радиосвязи. Подсистема акусто-сейсмического мониторинга «Горгона» позволяет фиксировать амплитуду колебаний, производить частотный анализ

полученных данных и тем самым выполнять непрерывный мониторинг вибрации от строительных машин и механизмов, а также железнодорожных путей, проходящих в непосредственной близости от стройплощадки. Данная подсистема мониторинга позволяет определять предельные значения для источни-

ков вибрации и принимать соответствующие меры по предупреждению нежелательных явлений.

Автоматизация измерений и представление (визуализация) результатов

Данные измерений большинства из описанных приборов и датчиков, объединенных в подсистемы, по каналам беспроводной связи автоматически поступают в центр управления, где размещен сервер системы мониторинга. Работой сервера управляет программное обеспечение Geoscope, разработанное компанией SolData и позволяющее в автоматическом режиме обеспечивать обработку, хранение, удаленный авторизованный доступ и первичный анализ поступающих данных.

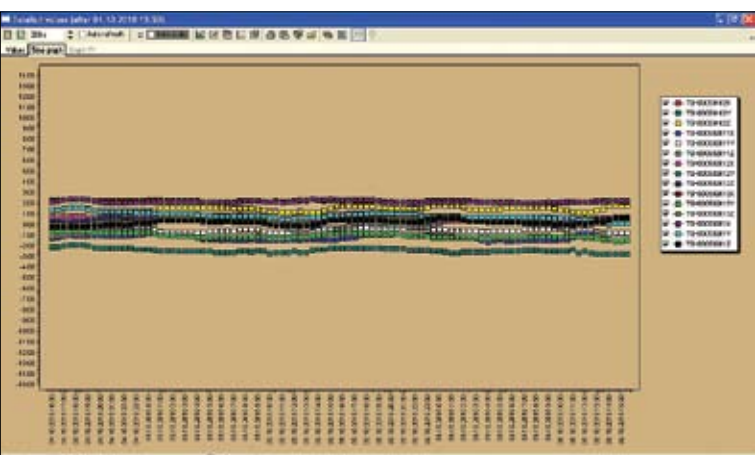
Одной из важных составляющих управляющей программы Geoscope является трехуровневая система оперативного оповещения. Принцип работы этой системы заключается в непрерывном сравнении текущих результатов измерений с их предельно допустимыми значениями. В случае превышения предельных показателей передается немедленное извещение для ответственного персонала, который обязан тут же приступить к предотвращению развития неблагоприятного процесса.

Таким образом, комплексный и ответственный подход к выполнению мониторинга строительства Общественного высотного центра в Киеве позволяет непрерывно контролировать динамику геологических и гидрологических процессов, деформации здания и окружающей территории как в процессе возведения сооружения, так и в будущем.

В свою очередь, это дает возможность заинтересованным сторонам — проектантам, строителям, девелоперам, страховщикам — оперировать надежной и актуальной информацией, сопоставлять и прогнозировать возможные риски, а в случае выявления неблагоприятных процессов — в кратчайшие сроки предупреждать и предотвращать их.



Общий вид визуальной формы



Графическое представление результатов измерений

ПРОФИЛЬНАЯ КНИГА

Бесплатная доставка книг по Украине

Книги можно заказать в редакции журнала «Геофиль», по телефону (044) 221-07-26 или e-mail geoprofile@yandex.ru

Наземное лазерное сканирование

Авторы: Середович В. А., Комиссаров А. В., Комиссаров Д. В., Широкова Т. А. Новосибирск, 2009 г., 261 стр.

Единственная книга на русском языке по наземному лазерному сканированию. В книге рассмотрены принцип действия и классификация сканеров. Приведены источники погрешностей в результате сканирования и даны рекомендации по их исключению. Изложены методы и выполнен анализ внешнего ориентирования сканов. Разработана методика прокладки сканерных ходов. Большое внимание уделено технологии сканирования и методикам обработки данных с использованием различных программ.

Цена 310 грн

Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населенных пунктов и больших стройплощадок

Авторы: Заалишвили В. Б. Москва, 2009 г., 350 стр.

В книге рассмотрены физические основы различных методов сейсмического микрорайонирования и дана классификация этих методов. Особо интересен анализ новых способов инструментального и расчетного методов, учитывающих нелинейные и неупругие свойства грунтов. Рассмотрен новый инструментально-расчетный метод сейсмического микрорайонирования, перспективность которого несомненна.

Цена 110 грн

Монолитные жилые здания

Авторы: Нанасова С.М., Михайлин В.М. Москва, 2008 г., 136 с.

В книге приведены объемно-планировочные и конструктивные решения монолитных многоэтажных жилых домов, высотой не более 75 м, возведенных в Москве за последние десятилетия. Дается обзор современных типовых, повторно применяемых и индивидуальных решений таких зданий. Рассмотрены конструктивные схемы и основные элементы конструкций зданий: фундаменты, стены, перекрытия, крыши. Приведен краткий обзор внутренних систем инженерного обеспечения многоэтажных жилых зданий. Собран обширный иллюстративный материал.

Цена 78 грн