

УДК624.131.2;725

И.В. Кедьк, ООО "Солдата Украина"

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА*

АННОТАЦИЯ

В статье на примере возводимого в Киеве высотного объекта экспериментального строительства продемонстрировано использование современных технических разработок компании SolData, которые позволяют оперативно в режиме реального времени отслеживать и предупреждать деформационные процессы возводимых сооружений и прилегающей застройки будущего общественного центра. Дана характеристика основных составляющих системы мониторинга, обеспечивающих контроль состояния котлована, фундамента, прилегающих территорий, а также жилых домов и зданий, находящихся в зоне влияния деформации.

В статье рассмотрены ключевые направления использования автоматизированной системы мониторинга: мониторинг уровня подземных вод, определение смещений и деформации в опорных конструкциях, мониторинг напряжения в конструкциях фундамента, наблюдения деформации, крена и осадки прилегающих зданий и сооружений, а также примыкающей территории и т.д.

Использование описанной системы мониторинга позволяет не только своевременно отслеживать нежелательные процессы, связанные со строительством общественного центра, но и сопоставлять и прогнозировать возможные риски, что делает возможным их качественное управление.

Ключевые слова: высотные здания, геотехнический и геодезический мониторинг, автоматизированные комплексы, деформации, осадки и крены, измерительные приборы, данные измерений.

Современные строительные технологии и материалы позволяют возводить уникальные, в том числе и высотные здания, рассчитанные на длительную эксплуатацию, однако проблемы долговечности, надежности и сохранности таких сооружений год от года становятся все значимее и важнее. Вопросы надежности высоток усугубляются тем, что

*Кольорові рисунки 3, 4, 5 до статті див. на стор. 38

зачастую такие комплексы возводятся на площадях, на которых ранее строительство не осуществлялось. Это надпойменные террасы рек, склоны оврагов и речных долин, заболоченные площади, насыпные грунты, участки развития карста, отмечаемые оползнями, провалами почвы и т. д.

Более того, возведение новостроек значительных размеров в условиях стесненного строительства в городах неизбежно оказывает влияние на существующую застройку, находящуюся в зоне их влияния. В связи с этим геотехнический и геодезический мониторинг должен быть неотъемлемой частью работы по проектированию, на этапе реализации строительства, отвечать требованиям безопасной эксплуатации и качественного возведения конструкций на различных этапах строительства.

Основные параметры, подлежащие мониторингу, зависят от гидрогеологических и грунтовых 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 приведен перечень параметров, подлежащих измерениям:

- нагрузка и деформации в бетоне и в арматуре несущих элементов;
- смещение несущих элементов, отклонение их от вертикали;
- боковые движения стен здания.

Для прилегающей территории контролируемые параметры являются поверхностные и глубинные сдвиги грунта.



Рис. 1. Автоматизированный геодезический комплекс "Кентавр"

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

Рассмотрим реализацию автоматизированной системы мониторинга на примере высотного объекта, возводимого в г. Киеве. Объект отнесен к сегменту уникального высотного строительства ввиду большой проектной высоты самого объекта и особенностей его возведения, а также отсутствия специальных наработок по сооружению подобных архитектурно-конструктивных комплексов. Проектная высота общественного центра составляет 210 м, подземная часть объекта будет представлять собой восьмиуровневый подземный паркинг. Функцию заказчика строительства, управляющей компании и технического надзора за строительством выполняет компания "KDD GROUP" [1].

В состав автоматизированной системы геотехнического и геодезического мониторинга входит ряд подсистем, обеспечивающих контроль состояния котлована, фундамента, прилегающих территорий, а также жилых домов и зданий, находящихся в зоне деформаций от нового строительства.

Далее представлены основные подсистемы, выполняющие мониторинг в режиме реального времени по таким направлениям:

Мониторинг уровня подземных вод двух водоносных горизонтов

Геотехнический мониторинг уровня грунтовых вод и избыточного давления воды осуществляется

в режиме реального времени с помощью системы скважинных 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 столпа выше уровня установки датчика.

Геотехнический мониторинг деформаций и напряжений в конструкциях фундаментов

Определение механических нагрузок на конструкцию основания периметральных колонн, которой является стена в грунте, на элементы каркаса здания (сталежелезобетонные колонны) осуществляется с помощью устройства 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 м, 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.

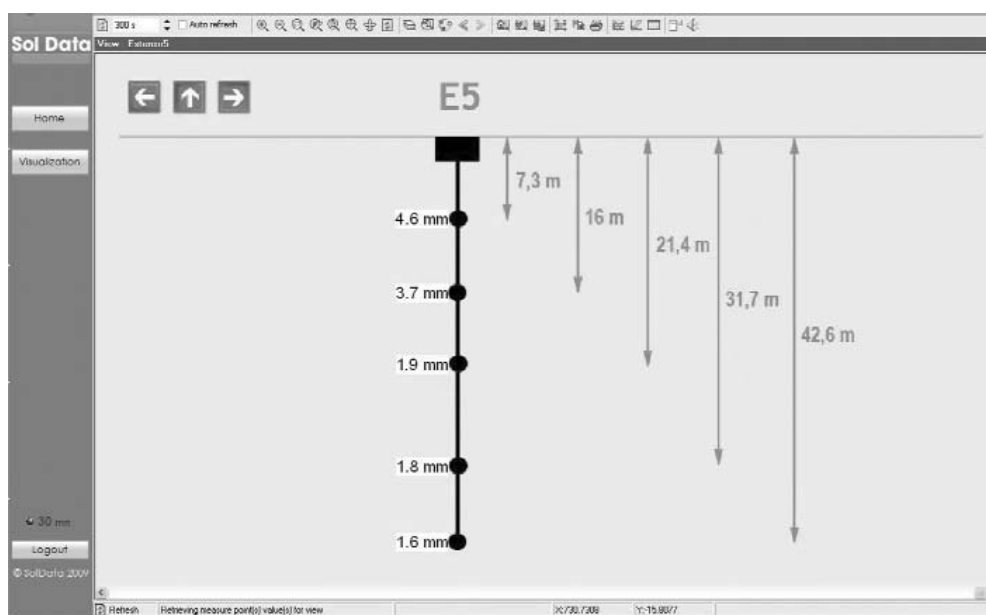


Рис. 2. Визуалізація даних вимірювань багатопланового скважинного екстензометра

Геотехнічний моніторинг загальної та диференціальної осадки фундаменту

На самому нижньому рівні споряджуваного комплексу (рівень фундаментної плити) запланована установка автоматизованої вимірної системи рідкофлюїдного рівня, яка з високою точністю забезпечить контроль диференціальної осадки будівлі. Ця вимірня система представляє собою мережу рідкофлюїдних датчиків поплавкового типу, розміщених на одному рівні на несучих елементах споруди та об'єднаних повітряною та рідкофлюїдною лінією з загальним резервуаром. Мінімальні зміни рівня будь-якого датчика впливають на рівновагу рідкофлюїдного рівня всієї системи і тому фіксуються в автоматичному режимі з точністю 0,1 мм.

Визначення зміщень та деформацій в опорних конструкціях

Возможні зміщення та деформації "стіни в ґрунті", яка огорожує котлован і служить основою периметральних колонн, контролюються методами інклінометричних вимірювань. Для цих цілей по всьому периметру в тілі "стіни в ґрунті" на всю її глибину закладені осадні труби та обладнані інклінометричними скважинами для геотехнічних вимірювань.

Моніторинг зміщень та деформацій масиву ґрунту

Контроль прилеглої території здійснюється з допомогою системи ґрунтових інкліно-

метрів та екстензометрів, а також комунікаційних реперів та ґрунтових реперів з закладними (рис.2).

ґрунтові інклінометричні скважини розташовані як на території, так і за межами об'єкта будівництва поруч з існуючими житловими будинками та іншими нежитловими спорудами; вони надають інформацію про горизонтальні переміщення ґрунтових мас на різних глибинах. Вимірювання осадки ґрунту здійснюються автоматизованими скважинними екстензометрами, які встановлені поблизу ґрунтових інклінометрів.

Принцип роботи багатопланового скважинного екстензометра полягає в наступному: екстенсометр складається з декількох закладних анкерів, розміщених в скважині та прив'язаних до щільного взаємодіючого з ґрунтом на певній глибині. Кожен із закладних анкерів з'єднаний з інварним стержнем, який вертикально виходить із скважини до рівня монтажної пластини та вільно ковзає всередині захисного кожуха. Монтажні пластини розташовані на верхній частині скважини, в її оголовку. Движення закладного анкера, спричинені вертикальним переміщенням відповідного шару ґрунту, передаються стержнем наверх до вимірної головки та вимірюються відносно монтажної пластини (поверхності землі). Результати вимірювань осадки головки дозволяють з високою точністю визначити абсолютну осадку в усіх точках установки закладних анкерів.



Рис. 6. Установка приборов для наблюдения за деформациями, осадками прилегающего здания

Геодезический мониторинг приповерхностной осадки окружающей застройки

На территории строительства и за ее 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, теплотрасса, высоковольтные линии электропередачи).

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

Наблюдение за состоянием прилегающих жилых домов, нежилых зданий, а также примыкающих к объекту строительства автодорог и тротуаров осуществляется с помощью геодезического автоматизированного комплекса "Кентавр" (рис. 1-6).

Геодезический комплекс "Кентавр" состоит из высокоточных моторизированных тахеометров, оптических призм (точки 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 наблюдаемого объекта (здание, сооружение). Кроме призм, являющихся точками наблюдения, в поле видимости каждого тахеометра установлены призмы — референции на зданиях, находящихся вне зоны деформации, которые счи-

таются неподвижными и служат для корректировки собственного положения тахеометра. Таким образом, входными данными для расчетов геодезического комплекса "Кентавр" служат оптические измерения положений совокупности призм наблюдения и призм - референций (измерения относительных углов и расстояния). За счет применения технологии групповых расчетов, включая данные от нескольких тахеометров, повышается точность определения текущего положения точек наблюдения и их изменения в общей трехмерной системе координат.

Автоматизированный комплекс геодезического мониторинга "Кентавр" обеспечивает также непрерывные наблюдения за осадкой примыкающей территории. Для этого в поле видимости каждого из тахеометров на дорожном покрытии люминесцентной краской отмечены точки наблюдения, измеряемые прибором в безотражательном режиме. Результатом расчетов положения наземных точек наблюдения есть одноосные изменения положения точки в вертикальном направлении, то есть определение просадки или возвышения грунтов.

Выявление амплитуды акусто-сейсмических вибраций несущих элементов конструкции прилегающих зданий

Автоматизированная система мониторинга общественного центра включает также подсистему "Торгона", которая обеспечивает непрерывные наблюдения уровня сейсмических вибраций несущих элементов соседних зданий. Подсистема "Торгона" состоит из датчиков вибрации и центрального прибора, обеспечивающего управление, сбор данных и анализ результатов измерений. Трехосные датчики вибрации — геофоны размещены в подвальных помещениях соседних к строительному объекту зданий и объединенных в единую сеть средствами радиосвязи. Подсистема акусто-сейсмического мониторинга "Торгона" позволяет фиксировать амплитуду колебаний, производить частотный анализ полученных данных и тем самым выполнять непрерывный мониторинг вибрации от строительных машин и механизмов, а также железнодорожной ветки, проходящей в непосредственной близости от площадки строительства. Данная подсистема мониторинга позволяет определять предельные значения для источников вибрации и принимать соответствующие меры по предупреждению нежелательных явлений.

Автоматизация измерений и представление (визуализация) результатов

Данные измерений большинства из описанного оборудования и подсистем автоматически по каналам беспроводной связи 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 граничными значениями и в случае превышения граничных показателей немедленное извещение ответственного персонала во избежание неблагоприятных ситуаций и своевременного принятия решения.

Таким образом, обеспечение комплексного и ответственного подхода при выполнении мониторинга строительства общественного высотного центра в Киеве позволяет непрерывно контролировать динамику геологических и гидрологических процессов на всех этапах работ, связанных с возведением сооружения, равно как и на этапе его эксплуатации. В свою очередь, это дает возможность всем заинтересованным лицам оперировать надежной и актуальной информацией, сопоставлять и прогнозировать возможные риски, а в случае выявления неблагоприятных процессов - в кратчайшие сроки упреждать и предотвращать их.

ЛИТЕРАТУРА

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

АНОТАЦІЯ

У статті на прикладі споруджуваного у Києві висотного об'єкта експериментального будівництва продемонстроване використання сучасних технічних розробок компанії SolData, які дозволяють оперативно в режимі реального часу відстежувати і попереджати виникнення деформаційних процесів споруд, що будуються, та існуючої забудови майбутнього громадського центру.

Наведена характеристика основних складових системи моніторингу, що забезпечують контроль стану котловану, фундаменту, прилеглих територій, а також житлових будинків та споруд, що знаходяться в зоні впливу деформації.

У статті розглянуті ключові напрями використання автоматизованої системи моніторингу: моніторинг рівня підземних вод, визначення зміщень та деформації в опорних конструкціях, моніторинг навантаження в конструкціях фундаменту, спостереження деформації, крену та осідання прилеглих будівель, споруд та території тощо.

Використання описаної системи моніторингу дозволяє не тільки своєчасно відстежувати небезпечні процеси, пов'язані з будівництвом громадського центру, а й порівнювати та прогнозувати можливі ризики та здійснювати їх якісне управління.

Ключові слова: висотні будівлі, геотехнічний і геодезичний моніторинг, автоматизовані комплекси, деформації, осідання і крени, вимірювальні прилади, дані вимірювань

ANNOTATION

In this article by the example of the high building experimental construction in the city of Kiev the author has shown the use of SolData company's up-to-day technologies which allow in real time monitoring and prevention of deformations of buildings under construction and adjacent buildings of the future Sky Towers.

It is given the description of the main parts of the monitoring system ensuring the control of the state of the foundation pit, of the adjacent territories, residential buildings and structures as well. The key directions of use of the automatic monitoring system are considered as follows: monitoring of the underwater tables, displacements and deformations of bearing constructions, monitoring of strain and load in foundation constructions, monitoring of deformations, careens and settlements of the buildings, structures and territories, etc.

The author pays attention to the fact that the use of monitoring system allows not only the timely tracking of undesirable processes concerned with the construction of Sky Towers, but also comparison and forecasting of potential risks which means their high quality management.

Keywords: High-rise buildings, geotechnical and geodetic monitoring, automated systems, deformation, precipitation and roll, measuring instruments, measurement data.