

УДК 69.05

МОНИТОРИНГ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Гаврилова Н.А.

Академия строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета- АСА СамГТУ, РФ, г. Самара

E-mail: I9natalja@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема надежности объектов повышенной ответственности, к которым относятся высотные здания. Для увеличения безопасности на фоне все возрастающей ответственности строительных объектов используют систему мониторинга, которая позволяет в режиме онлайн или циклично наблюдать за изменениями, происходящими в основных конструкциях, в здании в целом и в грунтовом основании.

Цель работы: рассмотреть основные приборы, применяемые при мониторинге современных высотных зданий.

Ключевые слова: высотное здание, мониторинг, безопасность, датчик, перемещение, давление.

MONITORING OF HIGH-RISE BUILDINGS

Gavrilova N.A.

In this article the problem of reliability of objects of the increased responsibility to which high-rise buildings belong is considered. To increase security amid the growing responsibility of the construction facilities use a monitoring system that allows online or cyclically to observe the changes in basic designs, the building in General and in the subgrade.

Purpose: to consider the main instruments used in the monitoring of modern high-rise buildings.

Keywords: high-rise building, monitoring, safety, sensor, displacement, pressure.

В последнее время в связи с возросшими угрозами (в виде климатических, террористических техногенных воздействий) требования к надежности объектов повышенной ответственности, к которым относятся и высотные здания, существенно возросли. При возрастающей высоте и сложности зданий стало зачастую невозможным выполнять несущие конструкции с большими запасами по прочности, важную роль отводят системам предупреждения о возможной либо наступающей чрезвычайной ситуации. Таким образом, системы мониторинга несущих конструкций зданий появились в результате необходимости увеличения безопасности на фоне все возрастающей ответственности строительных объектов. [1,2]

Целью использования системы мониторинга в высотных зданиях является снижение уровня риска разрушения объекта в процессе строительства и последующей эксплуатации за счет обнаружения отклонений параметров объекта от проектных значений на ранней стадии их возникновения.

Термин «мониторинг» был включен в практику геотехнического строительства около 20 лет назад. Тогда же он был включен в нормативные документы Москвы, а впоследствии – и в нормативные документы России. Стоит учесть, что длительное наблюдение за состоянием зданий, сооружений или грунта, проводилось задолго до этого срока.

В настоящее время считается обязательным на стадии «Проектная документация» разрабатывать программу мониторинга для высотных зданий. Нормативные документы рекомендуют начинать работы по мониторингу до выполнения строительно-монтажных работ и продолжать в течение 2 лет после окончания строительства высотного жилого дома. Наблюдения в рамках геотехнического мониторинга проектируемых высотных зданий могут проводиться периодически (*циклично*) либо автоматически (в режиме «*online*»). Решение по выбору системы наблюдений (периодическая или автоматическая) принимается организацией заказчика в зависимости от финансово-экономических и материально-технических условий. Наиболее современным способом наблюдения за деформациями строящихся объектов и существующей застройки являются постоянно действующие системы, в которых измерения, обработка и анализ данных, а также пересылка их пользователю осуществляется автоматически в режиме «*online*». Основной идеей такого мониторинга является организация многофункциональной системы мониторинга посредством объединения различных по назначению и типу измерительных устройств под управлением одной программы. Один из примеров принципиальной схемы организации системы мониторинга на строительной площадке представлен на (рис.1).

В настоящее время в мониторинге применяют приборы и методики для контроля перемещений конструкций и грунтов основания, динамики развития деформаций, а также их перераспределения в процессе эксплуатации объекта.

В зависимости от параметров сооружения, которые необходимо контролировать, можно выделить четыре основных блока полноценной системы мониторинга высотного объекта:

- контроль изменения напряженно-деформированного состояния основных конструктивных элементов здания;
 - контроль изменения целостности конструкции в целом, возникновение и раскрытие трещин, перемещений основных элементов относительно друг друга, их отклонение от вертикальной оси;
-

- контроль состояния грунтового массива в основании здания, необходимость контроля вблизи здания при плотной застройке;
- измерения собственных частот колебаний здания.

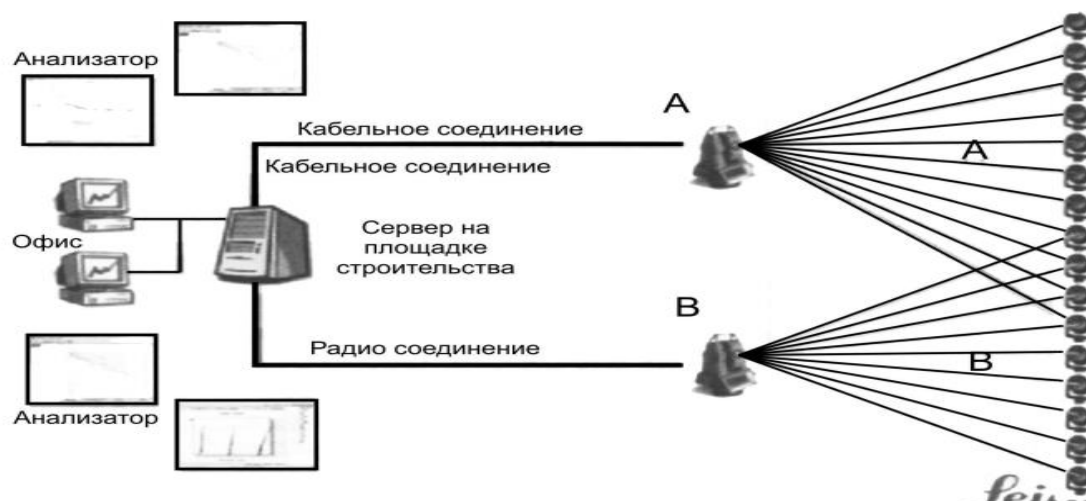


Рисунок 1. Пример принципиальной схемы организации системы постоянно действующего мониторинга за строящимся зданием в режиме «online»

В строительстве наиболее часто применяются геодезические наблюдения за вертикальными смещениями (осадками) зданий и сооружений, а также за перемещениями отдельных конструктивных элементов.

Геодезические методики:

- стандартный топогеодезический контроль осадок зданий и грунтов основания с помощью прецизионных цифровых нивелиров;
- GPS-мониторинг;
- лазерное сканирование высотных объектов.

Методика GPS-мониторинга здания во многом схожа с традиционным геодезическим наблюдением. При создании системы мониторинга по периметру высотного здания и на отдельных конструктивных элементах устанавливаются высокоточные GPS приемники. Определяя координаты контрольных точек и сопоставляя результаты измерений в отдельных точках, получают изменение пространственного положения здания в целом и перемещение конструктивных элементов относительно друг друга. [5]

Современной геодезической методикой мониторинга высотных зданий является лазерное сканирование, которое заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта посредством измерения расстояния до всех точек с помощью лазерного безотражательного дальномера.

В дальнейшем при систематическом проведении циклов сканирования объекта можно получить смещения каждой точки скана или некоторого массива точек, отвечающего определенному конструктивному элементу. Это позволяет анализировать перемещения конструкции в целом, отдельных элементов относительно друг друга, а также контролировать раскрытие трещин, важных стыков и сочленений.

В настоящее время разработаны автоматизированные системы геодезического мониторинга высотных зданий, самыми известными являются GeoMos (Leica Geosystems) и Циклоп. Измерительными приборами в этих системах служат высокоточные электронные тахеометры и нивелиры, датчики углов наклона и спутниковые системы GPS, температурные датчики и т.д. Управляющие блоки таких систем позволяют проводить измерения дистанционно и в автоматическом режиме, с высокими скоростью и точностью.

Одним из основных современных приборов является датчик наклона поверхности, который используют для измерения отклонения здания от вертикальной оси. Наклонометры (рис.2) устанавливают для измерения угла наклона поверхности конструкции, размещая прибор непосредственно на конструктивные элементы. Располагают серию датчиков по одной вертикальной оси здания на разных этажах, что позволяет контролировать изменения угла наклона и равномерность изменения этого параметра по высоте. [3]



Рисунок 2. Датчиков наклона поверхности

Для наблюдения за деформационным состоянием конструкции в целом необходимо контролировать перемещения элементов конструкции относительно друг друга, включая возможность появления и раскрытия трещин, так как это показывает нарушение целостности конструкции. Такие измерения производят с помощью датчиков перемещения (рис.3), которые могут быть оснащены различными типами сенсоров: механическим, электрическим, струнным и др. Работа приборов заключается в измерении расстояния между двумя контрольными точками, которые располагаются по обеим сторонам стыка или трещины. При контроле перемещений в двух

направлениях, систему датчиков устанавливают в разных плоскостях. Диапазоны измеряемых перемещений могут варьировать от первых десятков миллиметров (при контроле раскрытия трещин) до первых десятков метров (при контроле перемещения отдельных конструктивных элементов относительно друг друга).

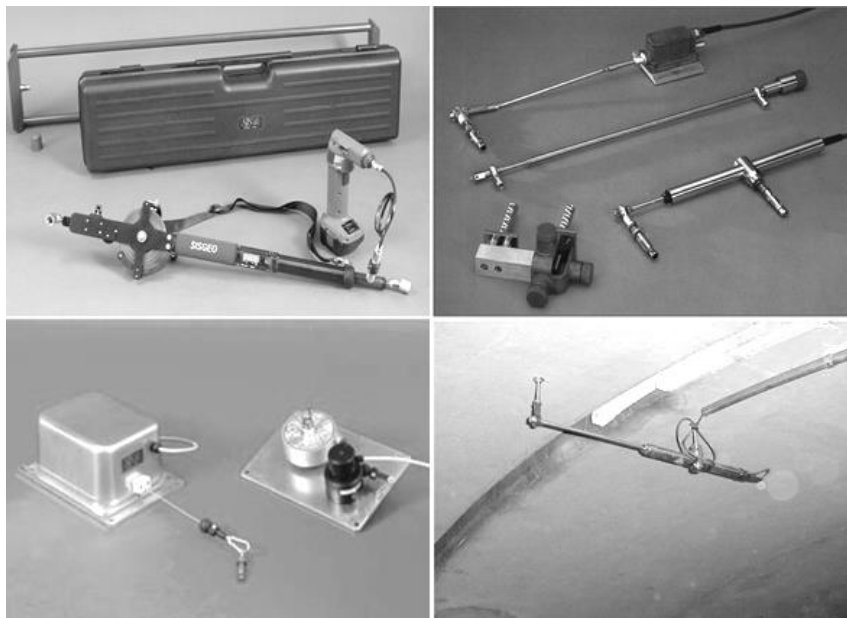


Рисунок 3. Датчики перемещений

Основными параметрами оценки состояния грунтового массива основания являются: вертикальные (осадки) и горизонтальные деформации грунтовой толщи, распределение давления на грунт в основании сооружения и гидрогеологический режим.

Для участков со сложным геологическим строением очень важен контроль горизонтальных перемещений грунтов. Гидрогеологические наблюдения включают в себя измерение порового давления жидкости и уровня водоносного горизонта.

С помощью скважинных магнитных экстенсометров типа BRS (рис.4) производят контроль послойных осадок. Прибор представляет собой систему из внешней гофрированной трубы, внутренней трубки доступа и набора магнитных колец, которые имеют специальные фиксаторы в грунте.

Магнитные кольца (единичные датчики осадки) размещают по всей длине гофрированной трубы с определенным интервалом, после чего опускают всю конструкцию в скважину. Расположение и глубину скважины, а также шаг между кольцами определяют по инженерно-геологическим изысканиям и результатам расчетов.

После установки прибора в грунтовой массив при помощи магнитного детекторного зонда проводится определение начального положения магнитных колец. Относительно начального положения колец рассчитывают величины их смещений в определенные моменты времени.

Деформация грунта наблюдается, если в интересующий период наблюдается изменение расстояния между двумя соседними датчиками.



Рисунок 4. Скважинный магнитный экстенсометр

Охарактеризовать направления и величины подвижек во всем объеме массива возможно с помощью инклинометра (рис.5). Инклинометрическая труба имеет два направления прохождения зонда, по этим измерениям в двух плоскостях можно судить об общем направлении и величине смещения грунта в области скважины. [3]

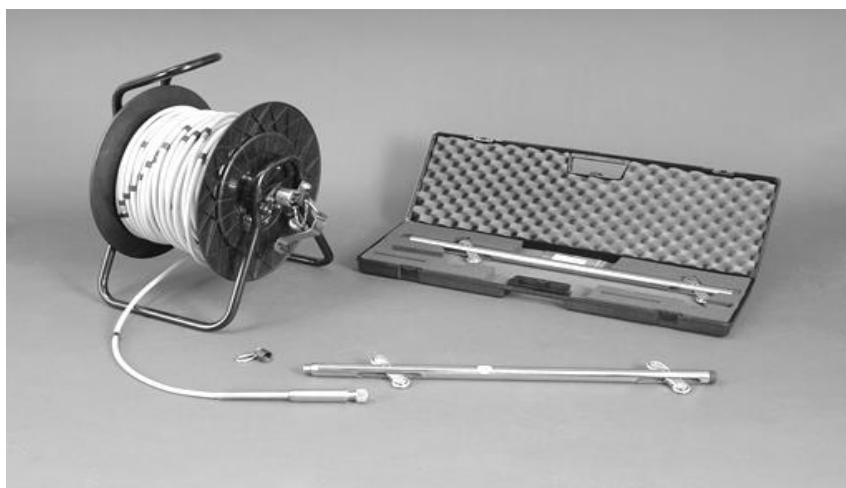


Рисунок 5. Инклинометр компенсационным серво-акселерометрическим сенсором.

Параметром, отражающим совместную работу высотного здания и грунтового массива, является давление на грунт в основании сооружения и его распределение по площади основания. О возникновении неравномерных осадок и ухудшении физико-механических свойств грунтов, которые свидетельствуют резкие изменения давления на грунт. С помощью датчиков давления, которые устанавливаются под фундаментную плиту в основании сооружения, контролируют данные параметры. Система датчиков позволяет проанализировать распределение давления и динамику его изменения.

Для измерения уровня водоносных горизонтов и порового давления жидкости в различных типах грунтов используют пьезометры. Датчики располагают в наблюдательных скважинах на заданной глубине, определенной инженерно-геологическими изысканиями.

В настоящее время существует многообразие оборудования и методик мониторинга высотного объекта. Поэтому выбор конкретного оборудования определяется исходя из архитектурного и конструктивного решения здания, результатов физического и компьютерного моделирования, а также анализа инженерно-геологических изысканий и геолого-геофизической ситуации строительной площадки. [4]

Изменение физико-механических свойств грунтов под влиянием внешних факторов и развитие деформаций в конструктивных элементах могут происходить с достаточно высокой скоростью. Одним из важных параметров является то, чтобы система мониторинга высотного здания функционировала в автоматическом режиме, для того чтобы человек имел возможность.

Выводы: полноценная система мониторинга высотного здания должна включать в себя измерительные средства, которые позволяют контролировать различные параметры строительных конструкций, здания в целом, грунтового массива основания. При сопоставлении данных измерений разных датчиков, мы имеем возможность получать достоверную и разностороннюю информацию о состоянии сооружения. Именно при таком комплексном подходе возможно достижение цели использования системы мониторинга в высотных зданиях, что позволяет понизить уровень риска разрушения объекта в процессе строительства и последующей эксплуатации за счет обнаружения отклонений параметров объекта от проектных значений на ранней стадии их возникновения.

Список литературы

1. Проектирование высотных зданий: Учебное пособие. В.Р. Мустакимов, С.Н. Якупов.– Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2014.–243 с.
 2. Высотные здания: Учебное пособие. В.В.Леденев. Тамбов: Изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2014.–277 с.
 3. Мониторинг технического состояния несущих конструкций высотного здания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pamag.ru/pressa/monitor-tech>
 4. Обзор современных средств мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prevdis.ru/obzor-sovremennyh-sredstv-monitoringa-sostoyaniya-konstruktsij-i-gruntov-osnovanij-vysotnyh-zdaniy/>
 5. Опыт проектирования и эксплуатация схем мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zetlab.com/opyit-proektirovaniya-i-ekspluatatsii-shem-monitoringa-konstruktsiy-i-osnovaniy-vyisotnyih-zdaniy/>
-