

Результаты мониторинга зданий повышенной этажности

Приемский В. Д., Хавкин А. К., Калюх Ю. И.,
Марьенков Н. Г., Дунин В. А.
Научно-исследовательский институт
строительных конструкций (НИИСК), г. Киев

Представлены результаты выполнения работ по проведению мониторинга деформационного состояния высотного жилого дома по просп. Григоренко, 7-а, ж/м «Осокорки» в Дарницком районе г. Киева. Полученные данные позволили сделать вывод о стабильном состоянии конструкций высотного жилого дома и рекомендовать его эксплуатацию по назначению с расчетными нагрузками без ограничений. Вместе с тем с целью повышения достоверности мониторинга и последующего анализа состояния строительных конструкций перечень контролируемых параметров для высотных зданий желательно расширить.

1. Введение

Современное состояние строительной отрасли Украины характеризуется широким внедрением новых, не апробированных на протяжении значительного времени технологий и типов строительных объектов (монолитное строительство, жилые и общественные здания повышенной этажности (свыше 25-30 этажей) и т.п.). Такие обстоятельства приводят к необходимости оснащения указанных объектов автоматизированными средствами мониторинга как для накопления данных о поведении строительных конструкций во время строительства и эксплуатации, так и для оперативного контроля и своевременного предотвращения разрушения. Оснащение строительных объектов средствами автоматизированного

контроля разної ступені сложності в залежності від показателей назначения конкретного об'єкта нашло широке застосування в сучасній міжнародній будівельній практиці.

В частності, в м.Москові з 2002 р. діють «Общиє положенія к технічним вимогам по проектированию жилых зданий высотой более 75 м» [1], являющеся практичним руководством по разработке технических условий на проектирование каждого конкретного жилого здания высотой от 75 м.

Итогом ряда работ, выполняемых НИИ строительных конструкций, было внедрение в строительную практику Украины современных подходов к мониторингу состояния строительных объектов, перечень которых регламентирован ДБН В.1.2.-5:2007 [2]. В частности, одной из целей исследований являлось определение фактических динамических характеристик (периоды, частоты и амплитуды колебаний) контролируемых жилых зданий.

2. Цель статьи

Аналіз практических результатов эксплуатації в 2005-2007 рр. системи довгострокового моніторинга деформаційного состояння висотного жилого дома по просп.Григоренко,7-а, ж/м «Осокорки» в Дарницькому районі м.Києва, которую разработали и установили специалисты лаборатории мониторинга и системных исследований строительных конструкций НІІСК при участії специалистов НІІ строительного производства (м.Киев). Заказчиком этой работы выступал АО ХК «Киевгорстрой». В ходе выполнения работы была проведена разработка методики натурных экспериментальных исследований и мониторинга деформаційного состояння основных несущих конструкций. Также было разработано техническое задание (ТЗ) на систему довгострокового мониторинга (СДМ) строительных конструкций дома.

3. Постановка задачи

В соответствии с требованиями ТЗ была проведена разработка СДМ и программного обеспечения к ней и комплектация системы. После комплектации был проведен монтаж компонентов системы довгострокового мониторинга на контролируемом здании.

Высотний жилой дом по просп.Григоренко,7-а в м.Киеве состоит из двух разновысотных секций высотой 28 и 36 этажей. Секции разделены деформаційним швом, расположенным между осями 21-22. Каждая секция возведена на собственном фундаменте. В плане дом имеет сложную несимметричную конфигурацию. Имеется различие в планировке квар-

тир до и после 16 этажа. В подземной части дома расположен паркинг. Фундамент дома выполнен на сваях. Наличие деформационного шва между верхними строениями и раздельного фундамента обеспечивает независимую работу при колебаниях каждой секции.

Мониторинг выполнялся на 36-этажной секции. Секция имеет верхнюю отметку 104,500. Планировка этажей секции несимметричная. Несущий каркас выполнен из монолитных железобетонных конструкций: внутренних несущих стен, выполняющих роль вертикальных диафрагм жесткости, пилонов и перекрытий. Наружные ограждающие конструкции выполнены из кирпича. План секции с указанием места установки датчиков для мониторинга колебаний приведен на рисунке 1.

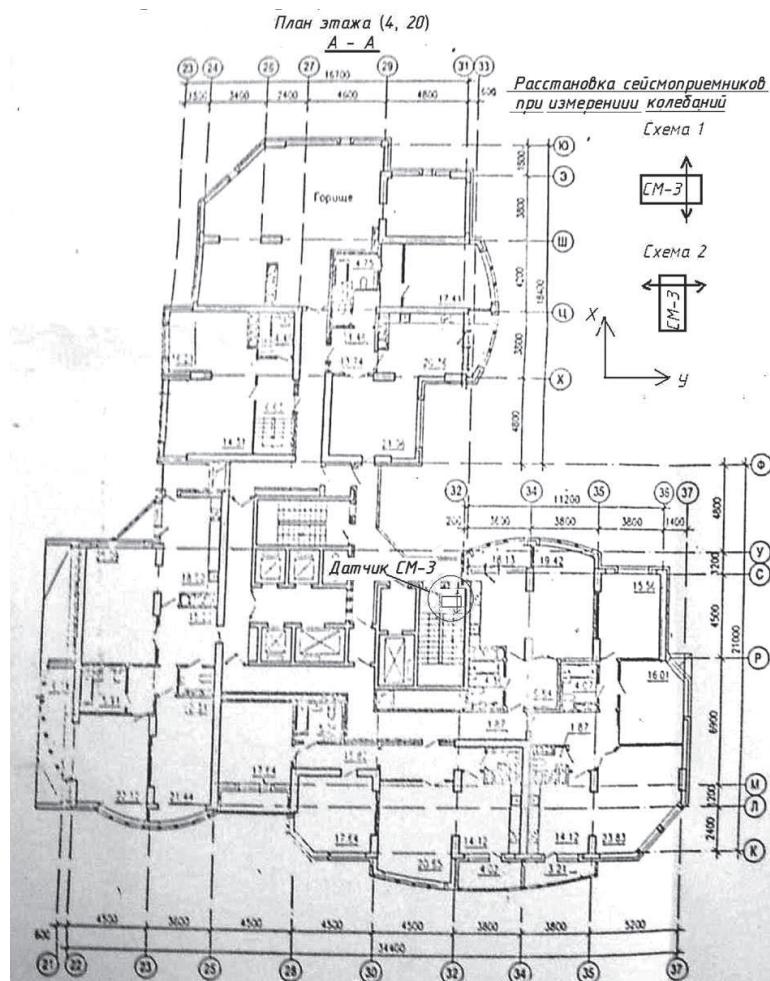


Рисунок 1. План секции размещением датчиков вибрации в соответствии со схемами 1 и 2 для измерения колебаний

В соответствии с ТЗ мониторинг здания охватывал:

- крены;
 - колебания конструкций;
 - скорость и направление ветра.

Перед установкой на контролируемом объекте оборудование было оттестировано в лабораторных условиях на соответствие параметрам, указанным в эксплуатационных документах.

Мониторинг кренов осуществлялся при помощи комплекта датчиков производства ГНПП «Поиск», г. Винница. В состав комплекта входит:

- 3 датчика вертикали ДВ-2 ;
- пульт управления ПДС-1 ;
- плиты крепления датчиков ;
- соединительные кабели.

Основные технические данные датчиков ДВ-2:

- диапазон измерения углов в двух плоскостях, мин..... ±30;
- среднеквадратичное отклонение измерения угла, с,не более 3;
- период мониторинга- от 5 с до 24 часов;
- длительность работы датчика от встроенного источника питания без его замены, часов, не меньше:
 - при мониторинге с периодом 5 с600;
 - при мониторинге с периодом больше 1 хв.....14400.

Информация с датчиков ДВ-2, стационарно установленных на конструкциях дома, периодически снималась с помощью пульта ПДС-1, также предназначенного для программирования режима работы датчиков. В лабораторных условиях информация с пульта переносилась на компьютер для последующей обработки.

Для обработки и визуализации данных, полученных с помощью датчиков вертикали, использовался программный комплекс «Buildings», предназначенный для работы в операционной среде *Microsoft Windows 98/2000/XP*. Структурная схема мониторинга кренов приведена на рисунке 2.

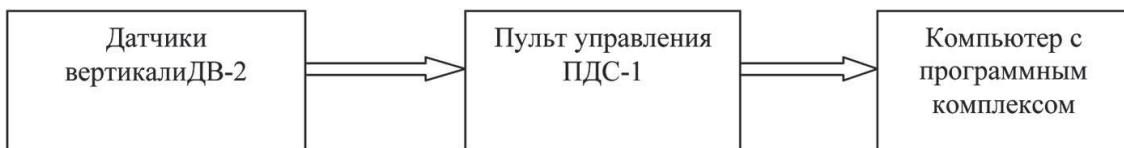


Рисунок 2. Структурная схема мониторинга кренов

При исследованиях колебаний несущего каркаса дома использовалась виброметрическая аппаратура в составе:

- цифровой 8 – ми канальный магнитофон РС208Ах фирмы «SONY»,

- измерители шума и вибрации ВШВ-003-М2 с датчиками ДН-3 (3 шт.),
- сейсмоприемники (датчики) СМ – 3 (3 шт., все горизонтальные),
- кабели связи.

Внешний вид виброметрической аппаратуры приведен на рисунке 3.

Полученные записи колебаний обследуемой секции дома оцифровывались и обрабатывались с помощью программного комплекса *PULSE Lab-Shop*, совместимого с системой анализа *PULSE 3560* [3], а также пакетов обработки сигналов «ПОС» [4] и *ME'scope (Vibrant Technology, Inc.)*. Обработка проводилась на основе быстрого преобразования Фурье. Результатом проведенной обработки являются построенные графики сигналов виброскорости и их амплитудные спектры.

Для оценки воздействия ветровых нагрузок на здание проводилось измерение скорости и направления ветра с помощью метеостанции «*Vantage Pro*».

Датчики метеостанции были установлены на отметке +106,00 м (высшая отметка здания).

Основные технические данные метеостанции:

- диапазон измерения скорости ветра, м/с.....1,5 - 79;
- точность измерения скорости ветра %, 5;
- диапазон измерения температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$-40....+60;
- точность измерения температуры окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ 0,5.

За период наблюдений получены данные о значении углов отклонения от вертикали на 3-м, 16-м и 32-м этажах дома. Во время работ по мониторингу объекта было проведено 2 цикла экспериментальных исследований колебаний конструкций дома. Основными источниками динамических воздействий были микросейсмические колебания грунта, ветровые воздействия, воздействие транспорта (автотранспорта и поездов метро) и работающее виброактивное оборудование на площадке строительства. Ветровые воздействия уточнялись для Киева по данным сайта <http://www.gismeteo.ua/>.

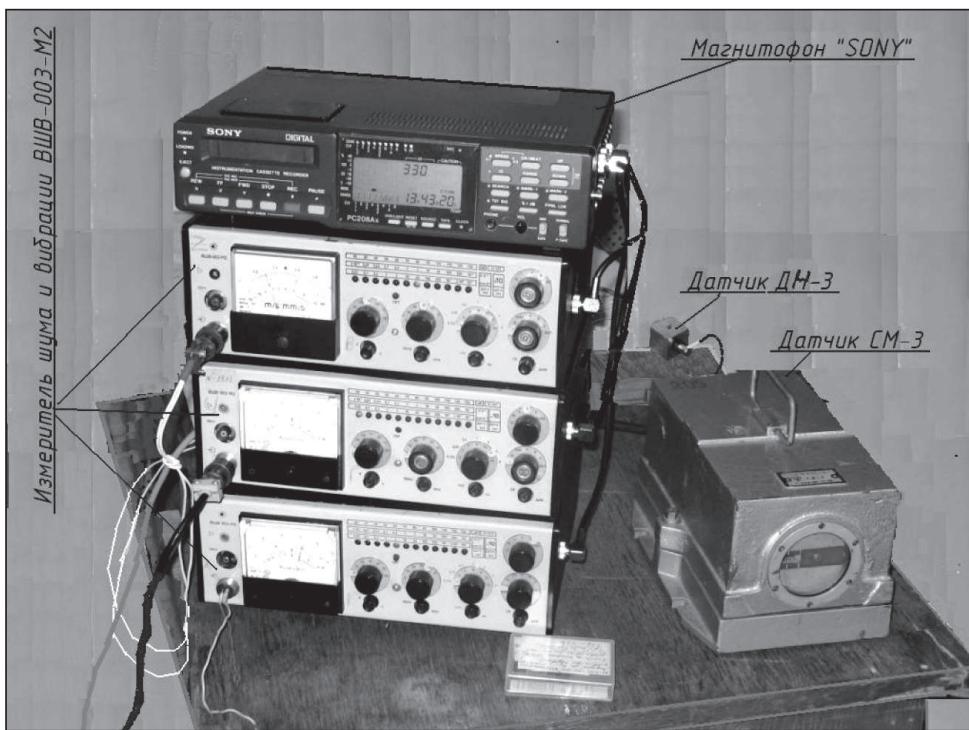


Рисунок 3. Общий вид вибоизмерительной аппаратуры для проведения динамических обследований жилых зданий и сооружений

При обследованиях измерялись горизонтальные виброскорости в уровне перекрытий дома на трех отметках (10,600 на 4 этаже; 58,300 на 20 этаже и 91,300 на 32 этаже) в двух направлениях – вдоль цифровых осей 22 – 37, что соответствует принятому направлению X , и буквенных осей К-Ю, что соответствует принятому направлению Y рисунке 4.

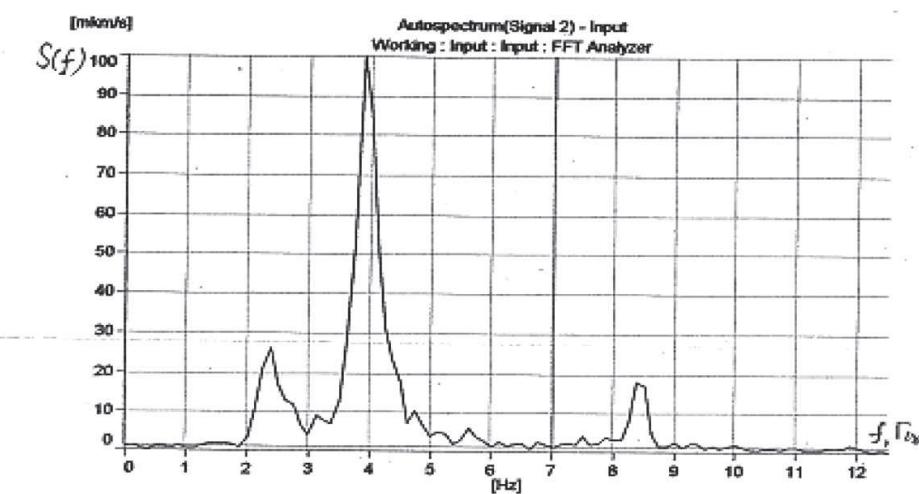


Рисунок 4. График спектр колебаний здания по направлению X в точке установки датчика на 32 этаже

Для анализа данных, полученных во время экспериментальных исследований колебаний и во время мониторинга кренов с применением СДМ, в качестве критериев были использованы предельные значения параметров, установленные в “Индивидуальных технических условиях для проектирования экспериментального высотного жилого дома“.

В частности, согласно с [5] горизонтальное перемещение верха здания принимается равным не более 1/500 от его высоты, что составляет в данном случае $108,9\text{м}/500 = 22 \text{ см}$. Такое значение перемещения обеспечивает целостность конструкций и остекления.

Максимальное значение отклонения от вертикали, зарегистрированное во время мониторинга с помощью СДМ, составляет 9,7 мм, что составляет менее чем 5% от расчетного предельного значения.

В соответствии с [1] конструктивная жесткость дома должна обеспечивать в случае действия нормативной ветровой нагрузки ускорение колебаний перекрытий верхних этажей не более чем $8 \text{ см}/\text{с}^2$. Такой уровень ускорения установлен требованиями [6, 7].

Во время экспериментальных исследований колебаний зарегистрированная амплитуда виброускорения составляет $6,03 \text{ мм}/\text{с}^2$, что составляет меньше чем 10% от расчетного значения.

4. Выводы

1. Полученные данные позволили сделать вывод о стабильном состоянии конструкций высотного жилого дома и рекомендовать его эксплуатацию по назначению с расчетными нагрузками без ограничений.
2. Результаты выполнения работ по проведению мониторинга деформационного состояния высотного жилого дома по просп. Григоренко, 7-а, ж/м «Особорки» в Дарницком районе г.Киева продемонстрировали практическую целесообразность применения автоматизированных средств мониторинга состояния строительных конструкций на объектах высотного строительства.
3. Вместе с тем с целью повышения достоверности мониторинга и последующего анализа состояния строительных конструкций перечень контролируемых параметров для высотных зданий желательно расширить.
4. С учетом приобретенного практического опыта в настоящее время НИИСК проводит работы по созданию автоматизированной системы мониторинга состояния строительных конструкций высотного гостинично-офисного комплекса с жилыми апартаментами и трехуровневой подземной автостоянкой по адресу бул.Тараса Шевченко, 28-30 в Шевченковском районе г.Киева.

Создаваемая система будет контролировать следующие параметры строительных конструкций объекта:

- механическое давление фундаментной плиты на основание;
- деформации колонн в подвальной части здания;
- крены;
- прогибы плит перекрытий;
- ветровая нагрузка на фасад здания.

Также планируется проведение периодической геодезической съемки пространственного положения здания и измерения колебаний конструкций здания.

Перечень ссылок

1. **Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м.** – М., 2002.
2. **ДБН В.1.2.-5:2007** Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Научно-техническое сопровождение строительных объектов. – К., Минрегионбуд Украины, 2007.
3. **Универсальная, многоканальная, многофункциональная система анализа PULSE 3560** (фирма «Брюль и Къер»). – Дания, 2003.
4. **Пакет обработки сигналов (ПОС).** – М., Изд-во НПП «Мера», 1996.
5. **ДБН В.1.2-2:2006** Нагрузки и воздействия. – К., Минрегионстрой Украины, 2006.
6. **ДБН 360-92**.** Містобудування, планування і забудова міських і сільських поселень.- Мінбудархітектури, розділ 10.23. – К., 1992
7. **ДСТУ ISO 6897:2005** Настанови з оцінювання чутливості мешканців нерухомих споруд, особливо будинків та прибережних споруд до низькочастотного (від 0.063 Гц до 1 Гц) горизонтального переміщення (ISO 6897:1984, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2006.

Получено 02.04.08