

*Р.А. Тимченко, д.т.н., профессор
С.О. Попов, д.т.н., профессор
Д.А. Кришко, к.т.н., ассистент
П.А. Милько, магистрант*

Криворожский национальный университет

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены методы проведения мониторинга состояния высотных зданий и сооружений с учетом деформаций основания.

Ключевые слова: мониторинг, высотное здание, методы исследования.

*Р.О. Тимченко, д.т.н., профессор
С.О. Попов, д.т.н., профессор
Д.А. Кришко, к.т.н., ассистент
П.О. Милько, магистрант*

Криворізький національний університет

МОНІТОРИНГ СТАНУ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Розглянуто методи проведення моніторингу стану висотних будинків та споруд з урахуванням деформацій основи.

Ключові слова: моніторинг, висотна будівля, методи дослідження.

*R.A. Timchenko, Ph.D., Professor
S.O. Popov, Ph.D., Professor
D.A. Krischko, Candidate of technical science, Assistant
P.A. Milko, post-graduate student
Krivoy Rog National University*

MONITORING OF HIGH-RISE BUILDINGS

The methods of leadthrough of monitoring of height buildings the state and buildings are considered taking into account deformations of foundation.

Keywords: monitoring, height building, research methods.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Высотные здания относятся к категории объектов города, аварийное состояние которых может привести к катастрофическим последствиям, поэтому на каждом здании должна быть реализована комплексная система безопасности. Одним из важнейших элементов этой системы являются меры по раннему выявлению возможности обрушения здания под воздействием природно-техногенных воздействий, особенно таких, как ветровые нагрузки, промышленная динамика, изменения в грунтовых условиях под объектом.

В связи с этим важнейшей проблемой безопасной эксплуатации высотных зданий является контроль напряженно-деформированного состояния их несущих конструкций. В эксплуатируемом многофункциональном высотном здании доступ к большей части несущих конструкций существенно ограничен, поэтому возникают определенные трудности контроля состояния этих конструкций с помощью традиционных методов визуального и инструментального обследования. Кроме того, в отличие от зданий меньшей этажности, в которых деформирование несущих конструкций связано в основном с неравномерностью просадок различных частей здания, в высотных — существенное влияние на напряженно-деформированное состояние несущих

конструкций оказывают наклоны и ветровые нагрузки, что создает большую рассеянность мест накопления деформационных повреждений в этих конструкциях.

Обзор последних исследований и публикаций. Современные методы определения категории деформационного состояния конструкций зданий [1 – 3], основанные на традиционном их обследовании и успешно используемые для обычных зданий и сооружений, экономически малопригодны для высотных зданий в силу их чрезмерной трудоемкости и высокой стоимости выполнения большого объема обследований.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. В связи с этим для высотных зданий возникает необходимость выявления изменений напряженно-деформированного состояния конструкций и локализации мест такого изменения с использованием других методов, позволяющих автоматизировать процесс измерений.

Поэтому **целью работы** является исследование различных систем мониторинга высотных зданий, которые позволяют учитывать деформации основания.

Основной материал. В результате функционирования системы мониторинга выполняется ряд задач:

- анализ результатов мониторинга в сопоставлении с данными по контролю качества строительства;
- составление прогноза состояния объекта строительства (или отдельных его конструкций) с учётом всех возможных видов воздействий;
- составление прогнозов состояния зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния строительства; изменения локальных геологических и климатических факторов как результата строительной деятельности;
- разработка оптимальных технических и технологических решений; участие в принятии проектных решений по вопросам, возникающим в процессе строительства, а также по вопросам, не нашедшим отражения в проектной документации;
- разработка оперативных решений (расчетов, проектов усиления, ППР и т.д.) по ликвидации отклонений, выявленных в результате мониторинга;
- при необходимости разработка рекомендаций, не входящих в действующие нормативно-технические документы или регламентирующих повышенные требования по изготовлению, возведению, монтажу и приёмке конструкций, на основе установленных показателей качества и методах их контроля.

Основным вопросом при построении системы мониторинга несущих конструкций является вопрос о том, что нужно контролировать, какие параметры и элементы конструкций являются критическими и подлежащими автоматизированному контролю.

Выбор оптимального состава конструктивных элементов и параметров контроля осуществляется экспертным путем индивидуально для каждого объекта. При этом необходимо учитывать такие факторы, как ответственность объекта, финансовые ограничения, местонахождение объекта, надежность проектных решений. Факторы местонахождения (климатические и инженерно-геологические условия нахождения объекта) и надежность проектных решений (использование сложных нетиповых конструктивных узлов, большепролетных пролетов и консолей, неапробированных проектных решений и материалов и т.д.) определяют потенциальные угрозы, реализация которых может повлечь ухудшение состояния конструктивных элементов или их разрушение.

В основе выбора контролируемых элементов и параметров должен лежать тщательный анализ конструктивных решений объекта, потенциальных угроз с применением результатов математического моделирования и инженерных расчетов возникновения и развития опасных факторов.

Основные требования к мониторингу напряженно-деформационного состояния несущих конструкций:

1. Эксплуатационный мониторинг несущих конструкций многофункциональных высотных зданий и комплексов необходим для обеспечения безопасности функционирования таких зданий и является основой эксплуатационных работ, требующихся в многофункциональных высотных зданиях и комплексах.

2. В качестве элемента контроля и ранней диагностики деформационного состояния несущих конструкций высотного здания обязательна установка стационарной станции мониторинга деформационного состояния конструкций здания. Станция должна обеспечивать в автоматизированном режиме (при проведении периодических измерений) выявление изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и локализацию мест такого изменения в конструкциях, а также давать информацию о наклонах здания.

3. После выявления мест изменения напряженно-деформированного состояния конструкций осуществляется обследование этих частей высотного здания, и по результатам обследования делаются выводы о деформационном состоянии конструкций, причинах изменения их напряженно-деформированного состояния и необходимости принятия каких-либо мер по восстановлению или усилению конструкций.

4. В качестве дополнительного элемента контроля аварийных ситуаций несущих конструкций высотного здания, в основном связанных с динамическими перенапряжениями элементов несущих конструкций, целесообразна установка системы датчиков, настроенных на предельные значения деформаций и наклонов, подающих необходимые сигналы в диспетчерскую высотного здания.

Таким образом, нормы, являющиеся обязательными для всех форм собственности и реализующие предложенную методику мониторинга напряженно-деформированного состояния несущих конструкций высотных зданий, позволят обеспечить диагностику изменения напряженно-деформированного состояния конструкций на ранней стадии, локализовать места такого изменения и экономически эффективно обследовать локализованные участки конструкций для выяснения причин изменений, определения степени опасности таких изменений и при необходимости принятия мер по устранению выявленных негативных тенденций.

Следует отметить также, что рассматриваемая станция мониторинга деформационного состояния строительных конструкций зданий позволяет службам эксплуатации высотных зданий получать информацию для:

- анализа динамического поведения зданий как при динамических воздействиях со стороны грунта, так и при ветровых нагрузках;
- контроля уровня поэтажных колебаний (отклонений от исходной вертикальной оси) объекта;
- анализа кренов различных частей фундамента здания.

Инструментальный мониторинг конструкций и оснований зданий опирается в основном на четыре класса методик [4, 5]:

– геодезические измерения: выполняются как с помощью традиционной нивелировки, так и с использованием современных цифровых датчиков, спутниковых GPS-технологий, возможно лазерное сканирование объекта. Данные методики позволяют определять перемещение объекта (здания или отдельных его частей) в пространстве, в том числе измерять осадки и крены. Получаемые данные соответствуют состоянию на момент измерений, т.е. при достаточно редких по времени замерах методики не дают подробной динамики поведения объекта;

– инженерно-геологические наблюдения состояния грунтового массива в основании и в окрестности здания. Существует набор схем как разной трудоемкости и стоимости, так и разной разрешающей способности и информативности – от измерений в отдельных скважинах до межскважинного просвечивания (вплоть до получения 3-мерного

номографического изображения). В зависимости от выбора датчиков, можно вести мониторинг дифференциальных (послойных) или суммарных осадков грунтов основания, уровня воды, порового давления в породах (параметра, используемого в расчетах за рубежом). Помимо скважин, важную информацию получают при размещении под фундаментной плитой сети датчиков давления на грунт, в сваях – вертикальных нагрузок. Наблюдения могут вестись непрерывно или достаточно часто по времени, т.е. есть возможность следить за особенностями динамики объекта;

– измерения нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части с использованием вибрационных датчиков напряжений, монтируемых по 1-, 2- и 3-м пространственным координатам X, Y, Z в точке и размещаемых в фундаментной плите, а также в стенах, пилонах и колоннах здания. Наблюдения могут вестись в автоматическом режиме и к тому же непрерывно;

– сейсмометрические методики: могут выполняться различными измерительными устройствами – деформографами, наклономерами и сейсмометрами (велосиметрами, акселерометрами). Схемы наблюдений разнообразны, включают варианты возбуждения колебаний здания как искусственными (удары, вибраторы), так и естественными (ветер, микросейсмы) источниками. Сейсмометрические измерения дают «мгновенную» картину состояния объекта, наблюдая которую во времени, можно получить разнообразную информацию об особенностях динамики сооружения.

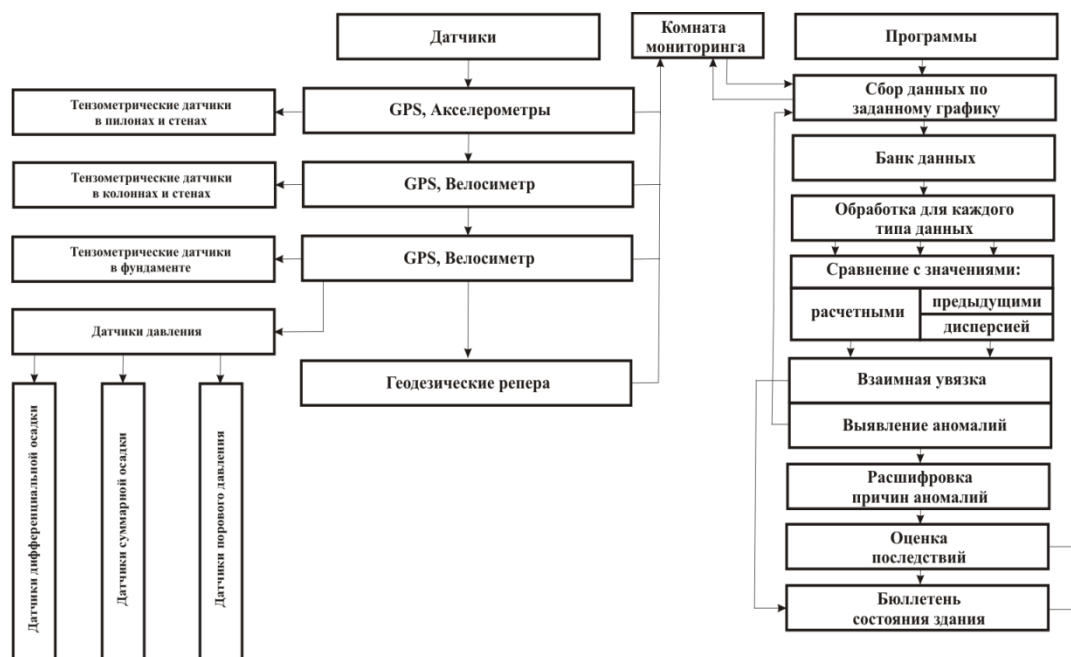


Рисунок 1 – Принципиальная схема мониторинга здания

Следует отметить, что если первые три типа наблюдений дают в основном «прямую» информацию (величины осадок, нагрузок и пр.), то регистрация колебаний требует как достаточно сложной предварительной обработки, так и создания моделей динамики сооружения. Особенностью сейсмометрических методик является то, что схемы наблюдений могут быть достаточно простыми (вплоть до одной точки). Кроме того, они дают возможность контролировать не только величины ускорений, но и позволяют судить о совместной работе здания и грунтов основания, в том числе выявить неизвестные ранее явления.

Учет первых трех типов мониторинга с сейсмометрическими наблюдениями позволяет связать между собой все получаемые данные. На рис. 1 представлен пример схемы мониторинга.

Выводы. Рассмотренные системы мониторинга позволяют существенно повысить безопасность высотных зданий. В настоящее время существует вся необходимая приборная и аппаратная база для создания гибких и открытых систем мониторинга, выполняющих все необходимые задачи как на стадии возведения, так и на стадии эксплуатации объекта. Кроме того, возникает необходимость создания нормативного документа, регламентирующего результаты наблюдений.

Литература

1. Гурьев, В.В. Контроль устойчивости зданий / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев // *Строительство*. – 2004. – № 10. – С. 45 – 46.
2. Бойко, М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / М.Д. Бойко. – М.: Стройиздат, 1993. – 207 с.
3. Порывай, Г.А. Техническая эксплуатация зданий / Г.А. Порывай, О.В. Датюк. – М.: Стройиздат, 1990. – 368 с.
4. Потапкин, Е.В. Мониторинг существующих зданий и возводимых объектов – единый механизм строительства / Е.В. Потапкин // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2006. – № 12. – С. 15 – 20.
5. Тимченко, Р.А. Мониторинг геологической среды для объектов повышенного риска и инженерной сложности // Р.А. Тимченко, В.Б. Швец, Д.А. Кришко, А.В. Шевчук, Л.В. Петрова / *Вісник Криворізького технічного університету*. – Кривий Ріг: КТУ, 2009. – Вип. 23. – С. 206 – 209.

Надійшла до редакції 09.10.2012

© Р.А. Тимченко, С.О. Попов, Д.А. Кришко, П.А. Милько