



ПРАКТИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 528.48

АВТОР

ХАВКИН А.К., канд. техн. наук, заведующий отделом ГП НИИСК

КАЛЮХ Ю.И., д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией ГП НИИСК

АНОТАЦІЯ

Рассмотрены системы поддержки принятия решений для обеспечения надежности и безопасности строительных объектов, в основе которых лежит комплексная система сбора, накопления, обработки и использования информации о специфике напряженно-деформированного состояния как отдельных строительных конструкций, так и сооружений в целом посредством соответствующих показаний датчиков, контрольно-измерительных приборов и др. Приведены примеры практической реализации мониторинговых систем за последние 5 лет в Государственном предприятии "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций", г. Киев.

The decision support system for ensuring the reliability and safety of construction objects which are based on a comprehensive system for the collection, storage, processing and use of information about the specifics of the stress-strain state of individual constructions and structures in general by means of appropriate indications sensors, instrumentation, etc. are examined. The examples of the practical implementation of monitoring systems for the last 5 years in the State enterprise "State Research Institute of Building structures", Kiev are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

мониторинг зданий, безопасность объектов, автоматизированная система технической диагностики

1 ВВЕДЕНИЕ

Несовершенство базы государственного контроля за техническим состоянием зданий и сооружений, а также отсутствие необходимых средств для финансирования работ по паспортизации и мониторингу опасных строительных объектов совместно с фактором длительности эксплуатации привело к появлению большого числа зданий и сооружений, находящихся в аварийном и предаварийном состоянии. За последние годы для повышения безопасности эксплуатации ответственных конструкций получило развитие новое направление непрерывного контроля за состоянием наиболее нагруженных элементов, отказ которых способен вызвать существенные последствия. Разрабатываются специальные системы мониторинга состояния конструкций, которые позволяют оценивать как реальную нагруженность (например, при землетрясениях), так и деградацию сопротивляемости элементов конструкций реальной нагрузке. Известен ряд таких разработок в США и Европе относительно мостов, плотин, тоннелей, мостовых ж/д переходов и т.п. с учетом сроков надежной службы таких систем на протяжении 50...100 лет. Системы отличаются по типу датчиков и насыщенности интерфейса для фиксации, сохранения, пересылки и обработки результатов измерений. К этому оборудованию предъявляются высокие требования к надежности работы при продолжительных сроках эксплуатации. Очень важным вопросом является стоимость, поскольку в реальных конструкциях количество «горячих точек», то есть мест установленных датчиков может достигать нескольких тысяч. Однако, затраты на подобные системы мониторинга состояния конструкций целиком окупаются за счет снижения риска аварий, что хорошо понимают в настоящее время в развитых странах мира [1]. Согласно действующим нормативным документам при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений должно осуществляться их научно-техническое сопровождение [2]. Цель научно-технического сопровождения – решение проблем, возникающих на разных этапах жизненного цикла объекта. Одним из основных видов работ при сопровождении строительного объекта является мониторинг его технического состояния.



Для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений необходимо располагать текущей информацией о деформациях и напряжениях, возникающих в строительных конструкциях. Объекты класса последствий (ответственности) ССЗ, разрушение которых может привести к катастрофическим последствиям, необходимо оборудовать автоматизированными системами мониторинга и управления [3].

Теоретическое обоснование концепции мониторинга базируется на необходимости создания комплексной системы сбора, накопления, обработки и использования информации, которая должна раскрывать специфику напряженно-деформированного состояния (НДС) как отдельных строительных конструкций, так и сооружений в целом посредством соответствующих показаний датчиков, контрольно-измерительных приборов и др., накапливающиеся в виде базы данных в автоматическом режиме в ПЭВМ.

В своей работе автоматизированная система технической диагностики (АСТД) строительных конструкций опирается на применение:

- процедур последовательного анализа при выборе критериев диагностики;
- средств технического диагностирования и методов обработки полученной информации;
- эталонных аппроксимационных моделей для тестирования системы мониторинга методом сравнения в режиме реального времени;
- многоуровневости по функциям и средствам мониторинговых исследований;
- концентрации диагностической информации в виде соответствующей базы данных в ПЭВМ.

Существует множество определений систем мониторинга в различных областях науки и техники. Мы приведем определение согласно документа *fib* [4]:

"Мониторинг - это часто повторяемые или непрерывные плановые долгосрочные наблюдения или измерения строительных условий или действий."

2. Нормативная и методологическая база создания автоматизированных систем технического диагностирования строительных конструкций. За последние 5 лет в Государственном предприятии "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций" (ГП НИИСК) было уделено много внимания как нормативно-методическому обеспечению, так и практической реализации мониторинговых систем. Сотрудниками ГП НИИСК совместно с другими учеными-строителями за это время был разработан ряд нормативных документов, в которых в той или иной мере отражены вопросы мониторинга:

1. ДБН В.1.2-5:2007 "Науково-технічний супровід будівельних об'єктів" [2].
2. ДБН В.1.2-12:2008 "Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки" [5].
3. ДБН В.1.2-14:2009 "Общие принципы обеспечения надежности и конструктив-

ной безопасности зданий, сооружений строительных конструкций и оснований" [3].

3. Мониторинг НДС основных несущих конструкций высотного здания торгово-офисного центра «101 Tower» на ул. Льва Толстого, 57, г. Киев (Разработчик ГП НИИСК, г. Киев). С 2010 г. и по настоящее время ГП НИИСК выполняет работы по долгосрочному мониторингу НДС основных несущих конструкций высотного здания торгово-офисного центра «101 Tower» на ул. Льва Толстого, 57 в Голосеевском районе Киева. Мониторинг выполнялся как при строительстве, так и на стадии сдачи законченного объекта в эксплуатацию. АСТД включает:

- 2 датчика механического давления и 4 тензотра под плитой ростверка;
- 12 тензометров на отметке +20,200 м;
- 12 тензометров на отметке +98,500 м.

Дополнительно в 2013 г. запланировано увеличение объема мониторинга путем установления 20 тензометров на колоннах в подвальной части здания центра.

Всего за период наблюдений было выполнено 5 циклов опроса датчиков на разных стадиях строительства объекта. Данные, полученные в ходе мониторинга, продемонстрировали практическую целесообразность применения АСТД на объектах высотного строительства. АСТД была использована для анализа НДС конструкций здания, а также для сравнительного анализа экспериментальных и расчетных значений контролируемых параметров, полученных при дублирующих расчетах на основе математической модели объекта. Внешний вид здания торгово-офисного центра «101 Tower» приведен на рис. 1.

4. Мониторинг НДС основных несущих конструкций высотного здания гостинично-



Рис. 1 Торгово - офисный центр с подземным и надземным паркингами «101 Tower» по ул. Л. Толстого, 57.



офисного комплекса «Хилтон» с жилыми апартаментами на бульваре Тараса Шевченко, 28-30 г. Киев (Разработчик ГП НИИСК, г. Киев). С 2008 г. и по настоящее время ГП НИИСК выполняет мониторинг НДС строительных конструкций гостинично-офисного комплекса «Хилтон» с жилыми апартаментами на бульваре Тараса Шевченко, 28-30 в Шевченковском районе города Киева. Для проведения мониторинга на конструкциях комплекса установлено 8 инклинометров: 4 инклинометра на отм. 37,350м; 4 инклинометра на отм. 78,750м. По состоянию на текущее время был проведен только 1 цикл измерений непосредственно после завершения монтажных работ. Внешний вид комплекса приведен на рис 2.

5. Мониторинг НДС основных несущих конструкций 24-этажного оздоровительного комплекса с апартаментами и паркингом по ул. Французский бульвар, 60/1, г. Одесса (Разработчик ГП НИИСК, г. Киев). Проект 24-х этажного гостинично-оздоровительного комплекса по ул. Французский бульвар, 60/1 в г. Одессе разработан ООО «Хай-Рейз Констракшнз» (HI-RAISE Constructions). Комплекс включает в себя высотное 24-х этажное здание, трехуровневую автостоянку и вспомогательные сооружения (рис. 3). Конструктивная схема здания - безригельный монолитный железобетонный каркас. Размеры здания в плане ~55×62м.

АСТД осуществляет сбор, накопление и контроль следующих параметров: крены несущих элементов конструкции здания; деформации колонн; характеристики колебаний основания, фундамента и строительных конструкций здания. В состав АСТД входят: датчики угла наклона (инклинометры); датчики относительных линейных деформаций (тензометры); датчики вибрации; контроллеры (промежуточные средства сбора и накопления данных), предназначенные для преобразования, предварительной обработки и накопления показаний датчиков; центральный компьютер с комплектом прикладного программного обеспечения, предназначенного для управления системой, приема и обработки показаний датчиков и ведения архива данных (рис. 4 и рис. 5).

8. ВЫВОДЫ

1. Анализ нормативных документов fib [4] и материалов последних конференций fib [6] свидетельствует о том, что мониторинг высотных, уникальных и др. зданий и сооружений в развитых странах является обязательным, чего нельзя сказать об Украине. Если на стадионе Донбасс-Арена установлена и функционирует (хотя и в урезанном виде) система мониторинга строительных конструкций, то на стадионе НСК Олимпийский такая система отсутствует вообще.

2. Несмотря на наличие соответствующих строительных норм для разработки и внедрения АСТД строительных конструкций зданий и сооружений, которые являются обязательными при строитель-



Рис. 2 Гостинично-офисный комплекс «Хилтон» на бульваре Т. Шевченко, 28-30.



Рис. 3 24-этажный оздоровительный комплекс с апартаментами и паркингом по адресу: г. Одесса, ул. Французский бульвар, 60/1.

стве новых зданий, сооружений и реконструкции старых в условиях плотной городской застройки [5], возведении домов повышенной этажности [3], особенно в районах с повышенным уровнем сейсмической опасности [7] (в таких регионах на Украине проживает более 20 % её населения), на практике эти строительные нормы грубо игнорируются застройщиками.

Так, начиная с 2006-2007 гг. по настоящее время в сейсмоопасных регионах Украины АРК и Одесской области было введено в эксплуатацию более 100 зданий повышенной этажности, в которых предусматривалось наличие АСТД. Ввиду отсутствия необходимой нормативной базы для строительства таких домов, каждый из них возводился по индивидуальному проекту с разработкой программы научно-технического сопровождения в соответствии с нормативным документом [2].



Рис. 4 Датчик относительных линейных деформаций, установленный на арматуре опоры.



Рис. 5 Тестирование АСТД.

Ни на этапе строительства, ни на этапе эксплуатации, ни в одном из этих домов не была установлена АСТД, предусмотренная программой научно-технического сопровождения.

В Киеве и др. городах Украины на ограниченных строительных площадках в условиях плотной городской застройки возводятся многоэтажные жилые дома. Ни на одном из окружающих площадку строительства домов не установлены АСТД в соответствии с нормативным документом [5]. Таким образом, кроме нарушения требований нормативных документов [2, 3, 5], застройщики одновременно лишают жителей близлежащих домов в будущем квалифицированно обосновать в суде ответственность строительных компаний за нарушения целостности, дополнительные осадки и др., произошедших в существующих домах в результате нового строительства.

3. Отдельные реализованные разработки по АСТД НДС строительных конструкций зданий и сооружений (часть из которых приведены в данной статье) демонстрируют важность полученной на их основе информации. В первую очередь контролируются вопросы безопасности и целостности строительных объектов как во время их возведения, так и во время эксплуатации. Во вторую - на основе полученной с помощью АСТД информации можно совершенствовать имеющуюся строительную нормативную базу, а также разрабатывать и устанавливать соответствующие критерии безопасности и правила эксплуатации уникальных строительных объектов.

4. В настоящее время практически отсутствуют удобные программы для анализа результатов измерений, отечественное оборудование для АСТД, нет специально обученного технического персонала (нет вузовских специальностей, на которых

могли бы проходить обучение будущие специалисты по мониторингу НДС строительных конструкций).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аварії на будівлях і спорудах та їх попередження. Матеріали Другої науково-технічної конференції. – К., 1999.
2. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. - [Чинний від 2008-01-01]. - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 14 с. - (Національний стандарт України).
3. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений строительных конструкций и оснований: ДБН В.1.2-14-2009. - [Чинний від 2009-12-01]. - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 14 с. - (Національний стандарт України).
4. Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures. State of art report by Task Group 5.1. -International Federation for Structural Concrete (fib), 2003 - 300 p.
5. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки: ДБН В.1.2-12-2008. - [Чинний від 2009-01-01]. - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 34 с. - (Національний стандарт України).
6. Proceedings of the fib Symposium Tel Aviv 2013, Avraham N. Dancygier: Tel Aviv, Israel. - 722 p.
7. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. - [Чинний від 2014-10-01]. - К.: Мінбуд України, 2006. – 83 с. - (Національний стандарт України).