

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

reinforcing in compliance with the results of the strength calculation using finite elements method.

Keywords: CAD, CAE, civil engineering, reinforced concrete, constructive analysis, reinforcing, construction, building information modeling, BIM, finite elements.

Анотація. У статті розглянуто методи інформаційного моделювання будинків з несучим каркасом з монолітного залізобетону, реалізовані в програмному комплексі САПФІР-ЗБК. Розглядаються розроблені автором процедури динамічного контролю проектних рішень, що приймаються в режимі інтерактивної взаємодії проектувальника та САПР, на предмет відповідності результатам розрахунку за методом скінчених елементів.

Ключові слова: САПР, будівництво, розрахунок, монолітний залізобетон, несучий каркас, міцнісний розрахунок, армування, конструювання, інформаційне моделювання.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.

УДК 528.48

Фаренюк Г.Г., д.т.н.;
Хавкин А.К., к.т.н.;
Калюх Ю.И., д.т.н.;
Шокарев В.С., к.т.н.²³
Государственный научно-
исследовательский институт
строительных конструкций, г. Киев,
г. Запорожье, Украина

МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Аннотация: Рассмотрены мониторинговые системы поддержки принятия решений для обеспечения надежности и безопасности строительных объектов, в основе которых лежит комплексная система

²³ © Фаренюк Г.Г., Хавкин А.К., Калюх Ю.И., Шокарев В.С.

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.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, плотная застройка, нормативная база, мониторинг.

1. Введение. Строительство и эксплуатация зданий, сооружений на территории Украины, в большинстве случаев, ведется в сложных инженерно-геологических условиях. К категории сложных грунтовых условий относятся территории, где в результате развития деформационных или динамических процессов в грунтах, возникает опасность повреждения или разрушения зданий.

Более 80% территории Украины представлены сложными инженерно-геологическими условиями. К сложным условиям относятся районы залегания грунтов с особыми свойствами (просадочные – 70% территории, набухающие, биогенные, илы, элювиальные, засоленные, насыпные); с возможным развитием опасных геологических процессов (оползни – зафиксировано более 130 тыс. оползней, карсты – 60% территории охватывает процесс карстообразования); подрабатываемые, подтапливаемые и др. территории, а также сейсмические районы площадью более 120 тыс.км² или 20% территории.

Украина располагает значительным строительным фондом, стоимость которого превышает 60% всех основных фондов страны. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях требует применения специальных мер защиты, сводящихся к обеспечению минимально допустимого их повреждения.

Чаще всего это специальная геотехническая подготовка грунтовых оснований объектов, устраняющая причины возникновения опасных процессов в грунтах или препятствующая их развитию, а также приспособление строительных конструкций к работе в сложных грунтовых условиях.

В последнее десятилетие на территории Украины в результате действия природных и техногенных факторов (глобальное изменение климата, массовое закрытие шахт, накопление промышленных и бытовых отходов, ухудшения технического состояния водопроводно-канализационных и теплоэнергетических систем – за последние годы произошло увеличение потерь воды из коммуникаций с 15...20% до 25...30%, старения фонда промышленных и жилых зданий - количество ветхих жилых зданий составляет 46449 ед.) обострилась проблема эколого-техногенной безопасности промышленно-городских агломераций [1].

Последние данные мониторинговых наблюдений свидетельствуют о тенденции к активизации этого негативного природно-техногенного процесса в пространственно-временном масштабе и увеличения, в первую очередь, площадей подтопления, а также просадочных, оползневых и других опасных явлений. Соответственно в процессе эксплуатации зданий, под влиянием вышеуказанных факторов, изменяется и формируется соответствующее новое напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «основание-фундамент-верхнее строение». Во многих случаях это приводит к повреждению строительных конструкций, возникновению аварийных ситуаций и существенному

снижению надежности зданий. Сегодня в Украине 10962 жилых здания находятся в аварийном состоянии.

Основными причинами возникновения аварийных ситуаций при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях являются: неверная оценка инженерно-геологических условий площадки строительства; снижения технического уровня проектирования, строительства зданий и сооружений; невыполнение мониторинга строительного объекта на всех этапах его жизненного цикла; нарушение (невыполнение) правил эксплуатации зданий и сооружений.

В последние два десятилетия в экономике, хозяйственной политике страны сформировались факторы, которые существенно влияют на строительство, в т.ч. в сложных инженерно-геологических условиях. В числе таких факторов можно выделить: снижение объемов массового строительства жилья и объемов промышленного строительства; выборочная застройка в условиях плотной городской застройки; массовая реконструкция существующих зданий и сооружений. Рост этажности зданий создает существенные нагрузки на грунтовые основания.

2. Нормативная и методологическая база создания автоматизированных систем технического диагностирования строительных конструкций. 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

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

(наприклад, 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.

Согласно действующим нормативным документам при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений должно осуществляться их научно-техническое сопровождение [2,3]. 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 [4].

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., накапливающихся 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, приведем определение согласно документа fib [5]: «Мониторинг это часто повторяемые или непрерывные

плановые долгосрочные наблюдения или измерения строительных условий или действий.»

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 [2,3,4].

АСТД базируется на современных достижениях электронных компьютерных систем поддержки принятия решения.

3. Автоматизированная измерительно-информационная система «Мониторинг». ГП НИИСК и ООО «Геоинжиниринг» разработана автоматизированная измерительно-информационная система «Мониторинг» (АИИС «Мониторинг») для технического диагностирования строительных конструкций [6].

Технические средства, входящие в АИИС «Мониторинг» (рис. 1): универсальные индуктивные датчики крена и датчики раскрытия трещин (точность измерений 0,001мм); диапазон воспринимаемых температур -30° ... +70°C; корпус датчика защищен от пыли и влаги (IP56); средство съема информации – измеритель индуктивности; средство сбора и передачи информации – блок с мобильным телефоном; линии связи.

В АИИС «Мониторинг» информация передается по сетям мобильной связи в виде SMS сообщений через Интернет на почтовый ящик электронной почты либо на

любой мобильный телефон с последующей обработкой на ЭВМ. Система работает в автоматическом режиме с возможностью программирования периода включения. Автоматизированная измерительно-информационная система «Мониторинг» позволяет: получать большое количество измерений за короткий срок с интервалом измерений от 1 часа до 9999 часов; исключать ошибки оператора при снятии измерений; исключать влияние температуры за счет монтажа образцовой катушки индуктивности в каждый датчик и персональной калибровки; повышать точность измерений – среднее от 9 измерений с нормировкой по образцовой индуктивности; получать информацию на мобильный телефон (при необходимости оперативного контроля) или из Интернета, вследствие этого – возможность получения данных при установке датчиков в труднодоступных местах; производить профилактические работы без снятия первичных источников информации с объекта и с сохранением легенды измерений. АИИС «Мониторинг» выполнена в соответствии с ДСТУ Б В.2.6 – 25 - 2003. Аттестация данной АИИС проведена ГП Запорожским региональным государственным центром стандартизации, метрологии и сертификации. Начиная с 2004 г., научно-техническое сопровождение с использованием АИИС «Мониторинг» было выполнено на более чем 80 зданиях и сооружениях, в т.ч. на объектах Евро 2012.

4. Внедрение мониторинговых систем в практику строительства и эксплуатации зданий и сооружений. 4.1. *Высотное здание торгово-офисного центра « 101 Tower » на ул. Льва Толстого, 57, г. Киев*

С 2010 г. и по настоящее время ГП НИИСК выполняет работы по долгосрочному мониторингу НДС основных

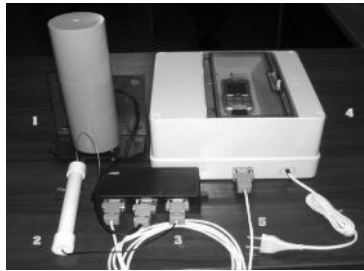


Рис.1. Технические средства входящие в АИИС «Мониторинг»: 1 – датчик крена; 2 – датчик раскрытия трещин; 3 – измеритель индуктивности; 4 – блок сбора и передачи информации; 5 – линия связи

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 тензометра под плитой ростверка;
- 12 тензометров на отметке +20,200 м;
- 12 тензометров на отметке +98,500 м.

Дополнительно в 2013г. 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

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

параметров, полученных при дублирующих расчетах на основе математической модели объекта.

4.2. Высотное здание гостинично-офисного комплекса «Хилтон» с жилыми апартаментами на бульваре Тараса Шевченко, 28-30 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. 37,350 м; 4 инклинометра на отм. 78,750 м. По состоянию на текущее время был проведен только 1 цикл измерений непосредственно после завершения монтажных работ. Всего планируется проведение 4-х циклов измерений на разных стадиях строительства и после сдачи завершенного объекта в эксплуатацию.

4.3. 24-этажный оздоровительный комплекс с апартаментами и паркингом по ул. Французский бульвар, 60/1, г. Одесса

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. 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

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

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.

4.4 Стадион «Донбасс-Арена», г. Донецк

Конструктивная часть стадиона включает в себя чашу стадиона с трехъярусной террасой для зрителей и подтрибунными помещениями различного назначения, выполненными в железобетонных конструкциях, и конструкции козырька над большей частью зрительных мест, выполненной в металлических конструкциях. Мониторинг стадиона «Донбасс-Арена» проводится при помощи АИИС «Мониторинг», установленной и протестированной в 2010 г. Датчики крена установлены на элементах каркаса и покрытия стадиона в количестве 36 штук, в т. ч. 12 шт. на железобетонных ядрах жесткости, 12 шт. на несущих консольных фермах покрытия, 12 шт. в середине пролета структурных блоков покрытия.

Опрос датчиков осуществлялся стационарно установленной в помещении стадиона аппаратурой сбора и обработки информации, в автоматическом режиме с программируемым временным интервалом. Количество произведенных за период с 06.07.2010 по 30.11.2012 измерений составило 61 цикл (рис. 2) [7]. Максимальное

горизонтальное смещение зафиксировано в середине пролета структурного блока покрытия и составляет 0,864мм.

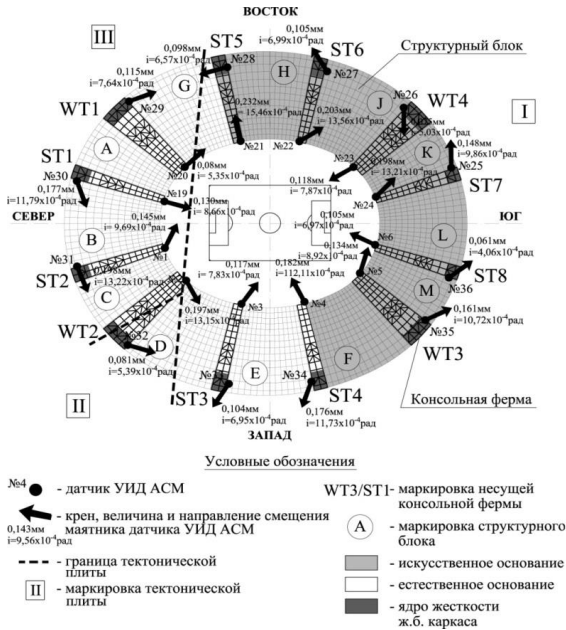


Рис. 2. Максимальные крены, величины и направления горизонтальных смещений конструкций в местах установки датчиков кренов

5. Выводы.

1. Анализ нормативных документов fib 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 соответствующей нормативной базы для разработки и внедрения АСТД строительных конструкций зданий и сооружений, которые являются обязательными при строительстве новых зданий, сооружений и реконструкции старых в условиях плотной городской застройки, возведении домов повышенной этажности, особенно в районах с повышенным уровнем сейсмической опасности на практике эти строительные нормы грубо игнорируются застройщиками.

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).

Література

1. Яковлев С.О. Регіональні зміни екологічного стану геологічного середовища міст та селищ, як фактору сучасного розвитку

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

інженерних вишукувань для будівництва в Україні /С.О. Яковлев // Світ геотехніки: научн.-техн. журнал. - 2013. - №3. - С.8-12.

2. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 14 с.

3. ДБН В.1.2-12-2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки» - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 34 с.

4. ДБН В.1.2-14-2009 «Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений строительных конструкций и оснований» - К.: Укрбудархінформ, 2007. – 14 с.

5. 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.

6. Патент 75876 Україна МПК G01N27/90, G01M19/00 Електромагнітна вимірювально-інформаційна система неруйнівного контролю параметрів напружено-деформованого стану інженерних конструкцій і споруд: Пат. 75876 Україна, G01N27/90, G01M19/00 ЗВНДІБК, ЧП «Біл», Шокарев В.С., Чаплигін В.І., Мальцева Я.В. (Україна) - № 2002054241; Заява 23.09.2002, Опубл. 15.06.2006; Бюл. №6.-2006. -20 с.

7. Ушаков С.В. Результаты мониторинга технического состояния металлического покрытия и железобетонного каркаса стадиона «Донбасс Арена» в 2012г. / Ушаков С.В. // Світ геотехніки: научн.-техн. журнал.-2013. - №1. - С.16-21.

Анотація: Розглянуто моніторингові системи підтримки прийняття рішень для забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів, в основі яких лежить комплексна система збору, накопичення, обробки та використання інформації про специфіку напружено-деформованого стану як окремих будівельних конструкцій, так і споруд в цілому за допомогою відповідних показань датчиків, контрольно-вимірювальних приладів та ін. Наведені приклади практичної реалізації моніторингових систем.

Abstract: Examined monitoring 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. The examples of the practical implementation of monitoring systems.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.