

УДК 693.32.004.12

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ БЕТОНА КАК
СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ**

к.т.н., доц. Колохов В. В.

*ГВУЗ "Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры"
г. Днепропетровск*

Необходимость повышения уровня безопасности людей и окружающей среды потребовала создания ряда нормативных документов направленных на формализацию процедур управления рисками при обеспечении жизнедеятельности зданий и сооружений определенного уровня сложности и ответственности. В ДБН В.1.2-5:2007. «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» под мониторингом понимают «...надзор за техническим состоянием строительного объекта, его части, отдельных конструкций или основания с оценкой их деформаций и несущей способности, стойкости и пригодности к эксплуатации ... с целью сохранения эксплуатационных качеств существующих объектов...».

Документ [1] определяет мониторинг строительных конструкций как систему «...производимых регулярно, по определенной программе, наблюдений, контроля и управления, оценок состояния строительных конструкций зданий и сооружений, анализа происходящих в них процессов, своевременного выявления изменения несущей способности и обеспечения их эксплуатационной пригодности, а также переназначения проектного ресурса/срока службы строительных конструкций зданий и сооружений».

Определение понятия «мониторинг» в [2] принципиально не отличается от вышеприведенных, но зависит от природно-техногенных воздействий, уровня технического состояния и ответственности зданий и сооружений.

В энциклопедической трактовке различают понятия мониторинг параметров и мониторинг состояния. Если первое предполагает непрерывность проведения измерений регистрируемых значений параметров, то во втором случае речь идет об определении и/или предсказании наступления некоторых постулированных значений, которые характеризуют состояние объекта мониторинга. Т.е., во втором случае, в составе системы мониторинга предполагается наличие некоего интерпретатора зарегистрированных данных измерений параметров системы позволяющего выполнить оценку по заранее установленному критерию. В идеале мониторинг состояния должен быть так же непрерывен как и мониторинг параметров. В действующих нормативных документах оценка технического

состояния представлена в виде дискретного процесса, реализуемого по определенному алгоритму.

Что же мешает приблизить действующие нормы к идеалу?

Работоспособность строительных конструкций оценивается в основном двумя параметрами: во-первых – соответствием геометрических характеристик, как всей конструкции, так и сечений её отдельных элементов проектным величинам и превышением свойств материалов конструкции предварительно заданным в проекте величинам, во-вторых. При этом оба параметра строительной конструкции неразрывно связаны друг с другом и поставлены в соответствие с величинами нагрузок и воздействий, заложенных в проекте. Таким образом, сопоставление параметров при оценке технического состояния при мониторинге должно опираться на результаты, полученные при непрерывном наблюдении за изменениями: геометрических характеристик строительной конструкции; физико-механических свойств её материалов; нагрузок и воздействий ею воспринимаемых.

Постоянное наблюдение за состоянием конструкции (а именно так можно определить понятие мониторинг) реализуется при оборудовании (оснащении) строительной конструкции системой наблюдения за изменением её параметров в процессе всего жизненного цикла. Такая система состоит из специальных датчиков – измерителей, аналоговых и/или цифровых преобразователей, устройств регистрации информации, блока/блоков анализа (сравнения с заданными расчетом величинами и реагирования на результат сравнения по заранее выработанному алгоритму).

Необходимо отметить, что непосредственному измерению легко поддаются геометрические характеристики строительных конструкций и их элементов (о чем свидетельствует наибольшая распространённость контроля именно этих параметров в существующих системах мониторинга) и действующие на конструкцию нагрузки. Контроль параметров строительных материалов, и в первую очередь бетона, производится в основном дискретно при помощи различных разрушающих и неразрушающих методов. Применение разрушающих (прямых) методов контроля свойств строительных материалов существенно ограничено по причинам разного рода. В большинстве случаев применяются неразрушающие методы контроля прочности материалов, которые имеют ограничения по точности, поскольку в основном являются косвенными. Необходимо также отметить существенное влияние человеческого фактора на проведение измерений неразрушающими методами, что связано как с квалификацией персонала, так и с ограничениями в возможности доступа к обследуемой конструкции.

Наибольшей проблемой существующих методов реализации систем мониторинга представляет то, что её построение возможно только в период предшествующий началу загрузки строительной конструкции эксплуатационной нагрузкой. Методика проведения измерений физико-механических характеристик бетона позволяет их осуществлять только в сравнении с некоторой «нулевой точкой», которая характеризует

ненагруженное состояние исследуемого образца. Наличие начальных напряжений в материале приводит к смещению оценки определяемого свойства. Величина смещения находится в прямой зависимости от отношения уровня напряжения в конструкции к пределу прочности материала. Существующие методы определения уровня напряжения [3] имеют существенные ограничения в возможности применения для большей части конструкций, для которых необходим мониторинг их состояния. Применение нормируемых на сегодняшний день средств неразрушающего контроля [4 - 6] не позволяет их использовать, так как нормируемые методы требуют проведения каждого последующего измерения в новой точке конструкции, что, учитывая существенную неоднородность бетона, приводит к получению смещённой оценки с трудно вычисляемой величиной ошибки определения.

Большое количество уникальных зданий и сооружений, способных оказывать значительное техногенное воздействие, было построено ещё в прошлом веке, например большая часть энергоблоков АЭС. Для этих сооружений доступ к значительному количеству бетонных и железобетонных конструкций возможен только в период планово-предупредительных ремонтов. Поскольку стандарты [7 - 9], введенные в действие в последнее время, требуют создания и определяют состав автоматизированных систем мониторинга и управления зданиями и сооружениями, то разработка методики определения физико-механических свойств материала конструкции в условиях действия эксплуатационных нагрузок отмеченной выше проблемы становится все более актуальной. Учитывая же повышение жесткости экологических требований, предъявляемых к обеспечению надежной и безопасности эксплуатации зданий и сооружений, особенно объектов атомной промышленности, эта проблема выходит на первый план.

Современный опыт построения систем мониторинга состояния строительных конструкций, предназначенных для оценки текущего состояния несущих конструкций здания в процессе их эксплуатации, наиболее полно представлен в работе [10]. Системы, построенные ООО «НПП «Геотек», г. Пенза, обладают всеми характерными особенностями реализации такого рода систем.

Архитектура системы предполагает проведение непрерывных измерений (мониторинга параметров) геометрии строительных конструкций и действующих эксплуатационных нагрузок. На основании полученной информации производится линейный или нелинейный анализ. Поскольку информации полученной при непрерывных измерениях недостаточно для принятия решения по оценке технического состояния конструкции, то в рамках функционирования системы мониторинга производят периодические обследования традиционными методами. В состав обследования входят: визуально-инструментальный контроль, неразрушающие методы определения прочности материалов строительных конструкций, разрушающий контроль прочности извлеченных из конструкции образцов. Данные обследования

позволяют выполнить проверочный расчет конструкции. Сопоставляя его результаты с данными мониторинга параметров, выполняют оценку технического состояния конструкций, т.е. решают задачу мониторинга её состояния. К сожалению, система, построенная по такому принципу, не позволяет решать задачу оценки технического состояния конструкций в режиме реального времени, поскольку обладает значительным запаздыванием.

Определение свойств материала неразрушающими и, в особенности, разрушающими методами контроля требует времени и, как отмечалось выше, достаточно субъективно. Большая часть применяемых методов позволяет получить только прочностные характеристики материала, тогда как деформативные его свойства остаются как бы за скобками и принимаются неизменными. Как показано в работах [11, 12] длительное действие нагрузки влияет на свойства бетона, что объясняется интенсификацией химических процессов и наличием структурных напряжений, вызванных ползучестью бетона. Если учитывать дополнительно влияние состава бетона на зависимость между его прочностью и деформативностью, то характеризовать вышеописанную систему мониторинга оценки технического состояния строительных конструкций как высокоточную нельзя.

Поскольку при проведении проверочных расчетов деформативные свойства бетона задаются в большинстве случаев как функция его прочности, связанная с нормируемым классом бетона по прочности, то повышение точности, как проверочных расчетов, так и работы всей системы мониторинга зависит от точности определения деформативных свойств бетона реальной конструкции.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы**:

- существующие системы мониторинга технического состояния зданий и сооружений обладают резервом в повышении оперативности и точности работы связанные с методологическими особенностями определения свойств строительных материалов, в особенности бетона;
- для повышения оперативности и точности работы системы мониторинга технического состояния зданий и сооружений необходимо разработать систему мониторинга параметров материалов строительных конструкций, состояние которых оценивается;
- для обеспечения непрерывного контроля свойств строительных материалов конструкций находящихся в процессе эксплуатации необходимо разработать соответствующие методы определения физико-механических свойств.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг строительных конструкций АЭС. Основные положения.: РД ЭО 0624 - 2005 - [Введен в действие 2006-01-03]. - 52 с. (Руководящий документ)
2. ГОСТ Р53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния - [Введен в действие 2011-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2010. - 90 с. (Национальный стандарт российской федерации)
3. Фомица Л. Н. Измерение напряжений в железобетонных конструкциях /Л. Н. Фомица, Р. А. Сумбатов. - К. : Будівельник, 1994. – 168 с.
4. Бетони методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій : ДСТУ Б В.2.7-223:2009. - [Чинний від 2010-09-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. -12с. – (національний стандарт України).
5. Бетони ультразвуковий метод визначення міцності : ДСТУ Б В.2.7-226:2009. - [Чинний від 2010-09-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. - 27 с. – (національний стандарт України).
6. Бетони визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю : ДСТУ Б В.2.7-220:2009. - [Чинний від 2010-09-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. -20с. – (національний стандарт України).
7. Инженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами. : ДСТУ-Н Б В.2.5 – 37:2008. - [Чинний від 2008-10-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. -13с. – (національний стандарт України).
8. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід : ДБН В.1.2 – 5:2007 - [Чинний від 2008-01-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. -20 с. – (національний стандарт України).
9. Конструкции зданий и сооружений. Автоматизированные системы технического диагностирования строительных конструкций : ДСТУ Б В.2.6 – 25-2003. - [Чинний від 2003-07-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2010. -25 с. – (національний стандарт України).
10. Опыт практического применения систем мониторинга конструкций зданий / Г. Г. Болдырев, Д. Н. Валеев, А. А. Живаев, И. Х. Идрисов //В мире неразрушающего контроля. – 2010. - №2. С. 54-58.
11. Фенко Г. А. Влияние тридцатипятилетнего растяжения на свойства бетона / Г. А. Фенко, А. Г. Фенко // Бетон и железобетон в Украине. - - 2010. - №3. – С.8 – 9.
12. Фенко Г. А. Влияние тридцатипятилетнего растяжения на деформативные свойства бетона при растяжении / Г. А. Фенко, А. Г. Фенко // Бетон и железобетон в Украине. - -2011. - №3. – С. 16 – 17.