

Полученное увеличение несущей способности не противоречит результатам испытаний.

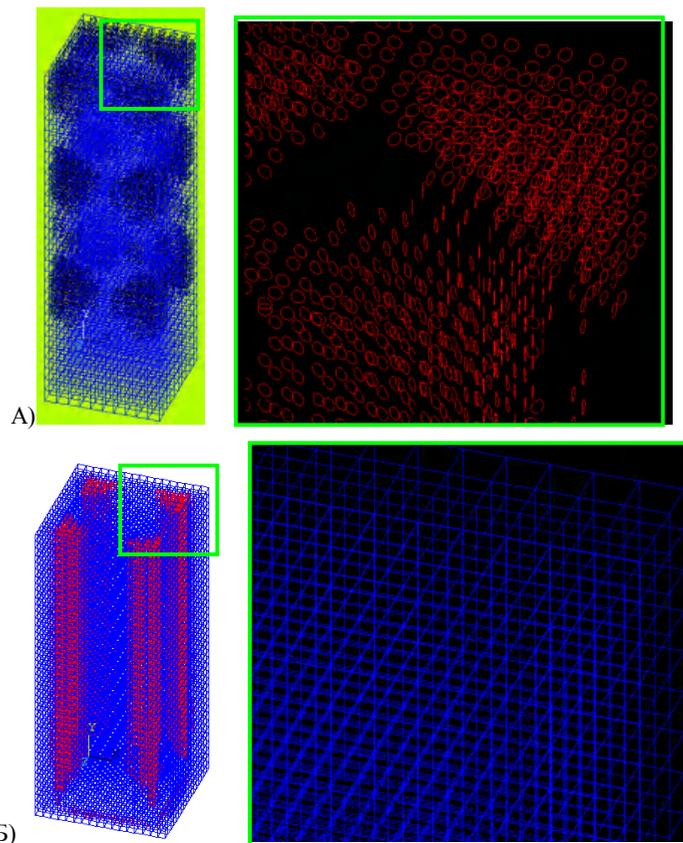


Рис.4 Трещины раскрывающиеся в усиленных простенках (А-- простенок усиленный стальной обоймой; Б- простенок усиленный железобетонной обоймой)

#### ВЫВОДЫ:

1. Проведенный анализ показал, что применение современных программ позволяет определять несущую способность элементов каменных конструкций при различных усилениях и повреждениях.
2. Имеющиеся рекомендации по учету работы продольной арматуры и металлоконструкций усиления нуждаются в уточнении.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Камейко В. А. Прочность при сжатии кирпичной кладки с косвенным сетчатым армированием. Сб. «Экспериментальные исследования каменных конструкций». Стройиздат, 1939г.
2. Камейко В. А. Экспериментальное исследование прочности армированных кирпичных столбов. Сб. «Исследования каменных конструкций». Стройиздат, 1949.
3. Камейко В. А. Квитницкий Р. Н. Прочность кирпичной кладки, включенной в обойму. Сб. «Исследование каменных конструкций. Госстройиздат», 1952.
4. Вахненко П. Ф. Каменные и армокаменные конструкции. – 2е изд., перераб. И доп. – К. Будивельных, 1990. – 184 с.
5. Справочник проектировщика «Каменные и армокаменные конструкции» С.А. Семенцов Стройиздат Москва 1968г. -176с.
6. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. : М. Правительство Москвы МОСКОМАРХИТЕКТУРА 1998г.
7. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий/ЦНИИСК им.Кучеренко.-М.,1988.-57с.
8. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель та споруд.Київ.1997. – 146с.
9. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений/ ЦНИИСК им.Кучеренко.- М.:Стройиздат.1984.-36с.

#### УДК 620.179

#### ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В.В. Колохов, к.т.н., доц., Н.В. Савицкий, д.т.н., проф.  
Полтавская государственная академия строительства и архитектуры*

Процесс строительства зданий и сооружений, включающий в себя проектирование, возведения и сдачу объекта в эксплуатацию, опирается на существующую нормативную базу, регламентирующую основные качественно - количественные параметры строительных материалов и конструкций основывается на пооперационном контроле производства работ и констатации качества на этапе ввода в эксплуатацию. В последующем, плановые или внеочередные осмотры технического состояния конструкций, определение возможности реконструкции или ремонта, оценка последствий повреждений конструкций при различных воздействиях потребовали создания

системы технического обследования состояния зданий и сооружений. Теоретически обоснованная количественная система диагностики, оценки качества и технического состояния возведенных или эксплуатируемых несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений [1] опирается на полученную с использованием различных инструментальных методов информацию о свойствах бетона в конструкциях.

**Анализ проблем возникающих при инструментальном обеспечении оценки технического состояния железобетонных конструкций.**

Существующие инструментальные методы контроля качества бетонных и железобетонных конструкций представляют собой ряд разрушающих и неразрушающих методов испытания. Определение свойств бетона проводится в основном косвенными методами, как неразрушающими (ультразвуковой, склерометрический, пластической деформации) так и методами, основанными на частичном разрушении (выбуривания кернов, вырыва стержня, скола ребра, надреза, высверливания отверстий и т.п.). В основе методов лежат предварительно установленные количественные зависимости между измеренными параметрами твердеющей системы на основе минеральных вяжущих веществ и физико-механическими параметрами искусственного строительного конгломерата. Как правило о свойствах бетона судят, выделив какой-либо один измеряемый параметр и поставив ему в соответствие одну из физико-механических характеристик материала. При этом использование зависимостей «косвенная измеренная характеристика физико-механическое свойство материала» используется без учета реального уровня напряжений в конструкции [2, 3]. Такой подход приводит к недостаточно адекватному отражению свойств материалов при работе конструкции [4, 5].

Как было показано в [6, 7] существует возможность создания неразрушающих методов определения физико-механических свойств бетонов на основе безтарировочности, полихарактеристичности и конструкционной ориентированности измерительных приборов что, позволит получить объективную информацию о техническом состоянии конструкции и исходные данные для расчета надежности и долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений. Однако, существующий разрыв [8] в исследованиях посвященных изучению свойств бетонной смеси и кинетики структурообразования с одной стороны, и работе бетона в стадии эксплуатации с другой стороны, а также большое количество взаимовлияющих параметров определяющих физико-механические характеристики бетона и отсутствие реальной информации о распределении напряжений в элементах бетонных и железобетонных конструкций [9-11], затрудняет построение физических теорий прочности бетона и не позволяет теоретически обосновать представленные в [6, 7] результаты.

**Целью работы** является определение необходимых требований предъявляемых к измерениям при неразрушающем контроле для обеспечения надежности и достоверности оценки качества и технического состояния возведенных или эксплуатируемых несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений.

**Обоснование требований предъявляемых к измерениям при неразрушающем контроле.**

Твердение дисперсных систем имеющих в составе вяжущие вещества обусловлено несколькими процессами. Первоначально преобладающее химическое связывание вяжущим веществом воды затворения с образованием гидратов, сменяется образованием, с последующим отвердеванием, субмикроструктурного геля (что и определяет в основном рост прочности структуры). Наряду с описанными процессами структурообразования наблюдаются деструктивные явления, которые препятствуют получению высоких физико-механических характеристик конгломератной структуры. Поэтому прочность бетона представляется как разница между процессами структурообразования и деструкции [12], что и фиксируется существующими сегодня стандартизированными методами контроля. Кроме того, оба процесса являются взаимосвязанными, если даже не взаимообусловленными (учитывая грубую априорную неоднородность твердеющей системы и бетона как конструкционного материала [13]). Уровень интенсивности этих процессов можно оценить, принимая во внимание стохастический характер материала, после соответствующих статистических расчетов [14]. Существенная неоднородность системы содержащей вяжущие вещества предопределяет термодинамический подход к описанию свойств твердеющей системы [15], при этом неравновесный характер процесса структурообразования наиболее адекватно отражается с позиций термодинамики необратимых процессов [16].

Деформативные свойства дисперсных систем, как отмечал П.А.Рибиндер [17,18], являются проявлением особенностей строения их структуры. И как показал Г.Д.Дибров [19], изменение прочности, релаксация напряжений, ползучесть, усадка, набухание, т.е. изменение напряженно-деформированного состояния во времени имеют единую физико-химическую сущность – увеличение или уменьшение числа химических и межмолекулярных связей в единице объема. Проведенные исследования по определению изменения во времени прочности, степени гидратации, контракции, усадки, скорости деформации, модуля упругости при сдвиге, удельной поверхности новообразований, скорости прохождения ультразвука, электропроводности и др. свидетельствуют, что все изменения структуры искусственного конгломерата локализованы в пределах поверхности раздела между фазами бетона.

Для каждого этапа существования дисперсной системы существуют предпочтительные методы отражения изменения её свойств, что связано с преобладающим в системе процессом. При твердении бетона, наиболее информативны ультразвуковой метод и метод измерения электропроводности. В процессе непосредственного восприятия нагрузки, наибольший интерес представляет метод акустической эмиссии (АЭ) – основанный на измерении суммарной энергии, выделяющейся при образовании микротрещин в твердом теле, при силовом воздействии на него. При эксплуатации конструкций информация получается косвенными методами, за исключением случаев, когда в исследуемую конструкцию на стадии изготовления устанавливаются закладные датчики. Необходимо отметить метод непосредственного

определения напряжения бетона в конструкции по параметрам быстронатекающей ползучести [9] как, вероятно, наиболее достоверный из существующих.

Существенным аспектом обеспечения надежности конструкций является точность определения свойств её материала. Физико-механические характеристики бетона задаются на стадии проектирования с целью восприятия расчетных нагрузок при обеспечении с заданной вероятностью и соответствующем уровне напряжений несущей способности железобетонных конструкций. В реальных условиях эксплуатации прочность бетона и, соответственно, уровень напряжений в конструкции отличается от проектного значения. При этом действующие нагрузки также могут отличаться от принятых для расчета. Такие различия между проектными и реальными значениями могут повлечь за собой изменение в работе конструкции и обеспечении её надежности и долговечности. Существенная неравномерность дисперсной системы воспринимающей нагрузку, ее открытый характер, наличие взаимозависимых и конкурирующих процессов приводит к неоднозначности в интерпретации результатов измерений и невозможности получения достоверной характеристики системы каким-либо одним параметром. При этом, стандартизированные методы требуют проведения каждого испытания в новой точке конструкции, что приводит к дрейфу измеряемой характеристики ввиду существенной неоднородности бетона как конструкционного материала. Кроме того, совместный анализ существующих теорий и экспериментальных зависимостей осложнен отсутствием единообразия в определениях измеряемых и расчетных величин, а большинство построенных эмпирических зависимостей трудно сопоставимы, поскольку построены для разных временных интервалов относительно времени существования дисперсной системы.

Поставив в единичных координатах «пространство – время – характеристики материала – параметры действующих нагрузок» измеряемые характеристики дисперсной системы, и выделив при этом такой единичный объём, который характеризовал бы свойства всей макросистемы (т.е. выделенный объём путем трансляции должен воспроизводить структуру макросистемы), можно построить систему уравнений, описывающих протекающие внутри системы процессы и характеризующие зависимости физико-механических параметров системы, как от внутреннего ее состояния, так и от параметров внешнего воздействия. Учитывая априорную сложность решения такой системы аналитически, на первом этапе можно решить такую систему численными методами, опираясь на определение или измерение параметров системы в нескольких точках заданного пространства-времени (с целью получения граничных условий), и на основе полученных решений дополнить систему вновь установленными закономерностями, позволяющими получить наиболее достоверную модель поведения дисперсной системы искусственного строительного конгломерата.

Оценку достоверности решения такой системы уравнений можно выполнять, опираясь на предложенный авторами [9] критерий, который предполагает получение зависимости  $(\varphi)$  свойств системы  $(I)$  от напряжений  $(\sigma)$  (1)

$$I = \varphi(\sigma) \quad (1)$$

С учетом отличия реальной прочности материала от принятой при проектировании величины, более корректно использовать критериальную зависимость уровня напряжений  $(\eta)$  (2) в виде:

$$I = \varphi(\eta) \quad (2)$$

Принятие такого критерия требует определения предельной величины напряжений, соответствующей потере конструкции несущей способности.

**Выводы:** Для обеспечения надежности и достоверности оценки качества и технического состояния возведенных или эксплуатируемых несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений при неразрушающем контроле необходимо:

- выполнить измерение напряжений в конструкции;
- обеспечить возможность проведения измерений в одной и той же точке конструкции в различные моменты времени;
- устранить влияние анизотропии и неоднородности бетона при проведении измерений;
- разработать новый тип датчиков неразрушающего контроля и системы их установки, которые могли бы реализовать вышеуказанные требования.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность и долговечность железобетонных конструкций атомных электростанций/ Савицкий Н.В. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.- Дніпропетровськ:ПДАБтаА, 2005.- № 7,8.-С.68-80.
2. Н.В.Савицкий, В.В.Колохов. О совершенствовании методики диагностики и оценки надежности локализирующих систем безопасности атомных электростанций // Материалы для строительства. Тезисы докладов II Международной научно-технической конференции ICMB-93:- Днепропетровск: ДИСИ,1993.- С.230-231.
3. Н.В.Савицкий, В.В.Колохов. К вопросу разработки методики диагностики и оценки надежности локализирующих систем безопасности атомных электростанций // Сб. материалов межгосударственной научно-технической конференции «Исследование действительной работы и усиление строительных конструкций промышленных зданий и сооружений».- Магнитогорск: Магнитогорский горно-металлургический институт,1993.-С22-243.
4. Особенности применения приборов неразрушающего контроля при оценке жилых зданий и сооружений / Савицкий Н.В., Бауск Е.А., Лаухин Д.В., Иванова Л.Н. // Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение Машиностроение, Вып.№25 Дн-ск.:ПГАСА,2003.-С42-46.

5. В.С Мулярчик, Д.Ю.Снежков, С.Н.Леонович. Оценка прочностных характеристик монолитного бетона комплексом средств неразрушающего контроля // Сборник докладов международной научно-практической конференции «Реконструкция – Санкт-Петербург – 2005». Часть 1.- С.145-149.
6. К выбору критериев адекватности неразрушающих методов определения физико-механических свойств бетонов / Колохов В.В., Кожанов Ю.А., Петров С.С. и др.// Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение, Вып.№25 Дн-ск.: ПГАСА,2003.-С89-91.
7. Некоторые аспекты применения неразрушающих методов определения прочностных свойств бетонов./ Колохов В.В., Кузьмина Т.Д., Семиков С.В.
8. И.Н.Ахвердов. Теоретические основы бетоноведения: Учеб. пособие. Мн.: Выш. шк.1991.-188с.: ил.
9. Л.Н.Фомица, Р.А.Сумбатов. Измерение напряжений в железобетонных конструкциях К.: Будівельник, 1994.-168с.: ил
10. Джонс Р., Фэксору. И. Неразрушающие методы испытаний бетонов Пер. с румынск. - М.: Стройиздат, 1974.- 292с.
11. Проектирование железобетонных конструкций: Справ. пособие/ А.Б.Гольшев, В.Я.Бачинский, В.П.Полищук, А.В.Харченко, И.В.Руденко; Под редакцией А.В.Гольшева.- 2-е изд., перераб. и доп.- К.: Будивельник, 1990.- 544с.: ил. - (Б-ка проектировщика)
12. Повышение прочности и выносливости бетона. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д.- Х. Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986.-152с
13. Гвоздев А.А. Структура бетона и некоторые особенности его механических свойств // Прочность, структурные изменения и деформации бетона// НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1978.- С.5-21
14. Саммал О.Ю. Напряжения в бетоне и прогнозирование технических ресурсов в бетонных и железобетонных конструкциях и сооружениях. - Таллин: Валгус, 1980.- 202 с.
15. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов/Под ред. О.П. Мчедлова-Петросяна.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат,1986.- 408с., ил.
16. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов: Пер. с англ. - М.: Изд. иностр. лит, 1960.-127с.
17. Ребиндер П.А. Структура дисперсная. - Физический энциклопедический словарь, т.5. М.: Сов. Энциклопедия, 1966, с.95.
18. Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е. Исследование упругопластичновязких свойств структурированных дисперсных систем. – ДАН, 1950, т.21,№1, с. 85-88.
19. Дибров Г.Д. Молекулярно-поверхностные явления в дисперсных структурах, деформируемых в активных средах. Дис. ...д-ра техн. наук. Киев. 1970. 478 с.

УДК 666.974.2

### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ И ОГНЕУПОРНЫХ СМЕСЕЙ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ И КОНСТРУКЦИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А.Ю. Конопляник, к.т.н., доц.*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Днепрпетровск*

Широкое применение и развитие получили составы жаростойких бетонов и огнеупорных смесей в системе сталеплавильного производства, непосредственно при разливке различных марок стали в тепловые агрегаты и конструкции. При этом был обобщен и развит положительный опыт подбора и применения различных составов, накопленный в Лаборатории жаростойких бетонов кафедры. Труды сотрудников лаборатории Прядко В.М., Магалы В.С., Бородина А.А., Завадского М.Я., Щербатюка В.Н., Крыжановского И.Г., Алмазова В.П. и др. по подбору и применению составов бетонов и огнеупорных смесей в сталеплавильном и прокатном производствах заложили основу их дальнейшего развития.

В сталеплавильном производстве одним из наиболее трудоемких и важных участков, связанным с футеровкой и ремонтом тепловых агрегатов и конструкций является участок разливки стали по системе: сталевыпускной желоб - сталеразливочный ковш – изложница. Высокие температуры разливки металла – 1560 – 1620 °С и различные марки стали и шлака обуславливают ускоренный износ футеровки и, как следствие, невысокий срок ее эксплуатации.

Из жаростойких бетонов изготавливают монолитную футеровку прибыльных надставок, сталеразливочных ковшей и сталевыпускных желобов. Защитные покрытия из огнеупорных смесей наносят на поверхность футеровки прибыльных надставок и сталевыпускных желобов для повышения срока ее службы.

Применение и функциональные особенности каждой футеровки и защитного покрытия определяются исходя из условий службы теплового агрегата и конструкции: температуры, агрессивного воздействия расплавленного металла и шлака и длительности их воздействия, а также многими другими факторами. Поэтому, правильный подбор материалов и составов на их основе для футеровок и защитных покрытий обеспечит повышение срока службы теплового агрегата, и наоборот, использование некачественных материалов или неоптимальных составов приводит к резкому снижению срока его службы.

Прибыльные надставки устанавливаются наверх изложницы и служат для сохранения металла в жидком состоянии и передачи теплового потока в нижнюю часть слитка с целью недопущения возникновения в теле слитка усадочных пустот и других дефектов. Поэтому эффективная теплоизоляция металла в прибыльной надставке может быть достигнута при помощи изготовления различных видов футеровок.