

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО СЖАТИЯ**

А.Е. Лыков, Д.Д. Данн

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А.П. Суржигов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [lykov\\_93@mail.ru](mailto:lykov_93@mail.ru)

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CONTROLLING STRESS - STRAIN STATE OF CONCRETE  
IN CONDITIONS OF UNIAXIAL COMPRESSION**

A.E. Lykov, D.D. Dann

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.P. Surzhikov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [lykov\\_93@mail.ru](mailto:lykov_93@mail.ru)

***Abstract.** The researches of dependence of the parameters of electrical response to mechanical impact with different stress at concrete sample were carried out. It is defined that the attenuation coefficient is changed and signal spectrum is displaced to low-frequency region at the approach of the load to the destructive.*

Бетон обычно используется в силовых конструкциях, где он подвергается воздействию высоких механических нагрузок. В процессе эксплуатации конструкция должна выдерживать эксплуатационную нагрузку без возникновения в ней остаточных деформаций и разрушений. Поэтому существует необходимость текущего контроля бетонных изделий с целью определения стадии напряженно-деформированного состояния.

Для определения начала процессов трещинообразования в материалах и изделиях разрабатываются методы, которые основаны на регистрации и анализе акустической и электромагнитной эмиссии [1,2]. Их недостаток заключается в том, что эмиссионные методы могут использоваться только для непрерывного мониторинга конструкций в процессе их эксплуатации.

Для решения этой задачи может быть использован метод, основанный на явлении механоэлектрических преобразований при слабом ударном воздействии [3].

При данном подходе для создания сигнала из образца используется внешнее воздействие, а, следовательно, показания можно получить в любой момент времени, вне зависимости от поведения образца. В этом случае нет необходимости осуществления непрерывного мониторинга, а контроль может осуществляться периодически.

Целью данной работы является поиск информативных критериев оценки стадий напряженно-деформированного состояния бетона по параметрам электрического отклика на упругое ударное возбуждение.

Исследование проводилось с помощью лабораторного комплекса, представленного на рисунке 1. Данный комплекс позволяет производить импульсное механическое возбуждение образцов и регистрацию электрического отклика. Импульсное механическое возбуждение образцов производили

электромеханическим ударным устройством с нормированной силой удара, через металлическую подложку. Для регистрации электрического сигнала использовался дифференциальный электрический датчик, расположенный в измерительном зонде 2. Сигналы регистрировались с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251» 4, позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации электрического сигнала.

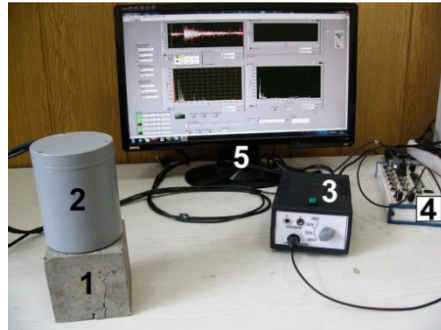


Рис. 1. Фотография измерительной системы

1 – образец; 2 – измерительный зонд; 3 – источник питания; 4 – плата ввода-вывода; 5 – монитор ПК.

Измерения производились на образцах тяжелого бетона размером 100×100×100 мм в условиях одноосного сжатия

Измерения проводились следующим образом. Измерительный зонд с помощью резиновых жгутов крепился к боковой поверхности образца. Затем образец вместе с зондом устанавливался в пресс, и производилось нагружение вплоть до разрушения. Блок питания и компьютер располагались в нескольких метрах от прессы.

В процессе исследования для нагружения образца использовался компьютеризированный нагрузочный пресс ИП-500. Данный пресс способен регистрировать нагрузку, оказываемую на образец и его деформацию. Полученная нагрузочная кривая образца тяжелого бетона, представленная на рисунке 2.

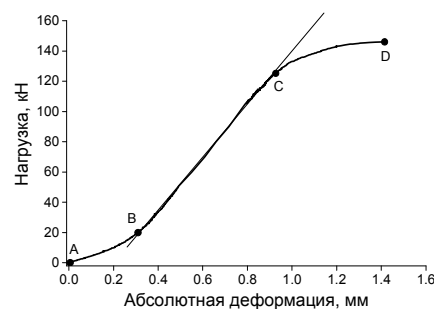


Рис. 2. Нагрузочная кривая образца тяжелого бетона

Из рисунка 2 видно, что нагрузочная кривая испытуемого образца бетона имеет три явно выраженных участка. Участок (А-В) связан с процессами уплотнения поверхностного слоя образца (установкой формы), затем идет участок квазиупругой деформации (В-С) и участок пластической деформации (С-Д). Уплотнение поверхности образца, которая специально не шлифовалась перед испытанием, происходит в диапазоне напряжений (0 – 0,14) от разрушающей нагрузки, а область упругой деформации соответствует напряжению от 0,14 до 0,85 от максимальной нагрузки (прочности).

На рисунке 3 представлены электрические отклики на ударное возбуждение образца бетона в процессе изменения внешней нагрузки.

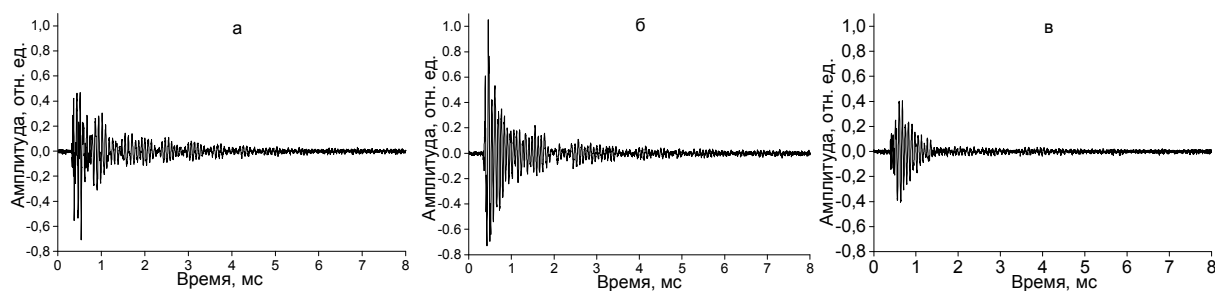


Рис. 3. Электрические отклики на ударное возбуждение образца бетона при величине внешней нагрузки:  
а – 0 кН; б – 100 кН; в – 146 кН.

Из рисунка 3 видно, что с возрастанием нагрузки до 100 кН наблюдается небольшое возрастание максимальной величины сигнала, а затем уменьшается вплоть до разрушения. Кроме того, изменяется характер затухания электрических откликов.

Далее представлены АЧХ электрических откликов в зависимости от величины внешней нагрузки, представленные на рисунке 4.

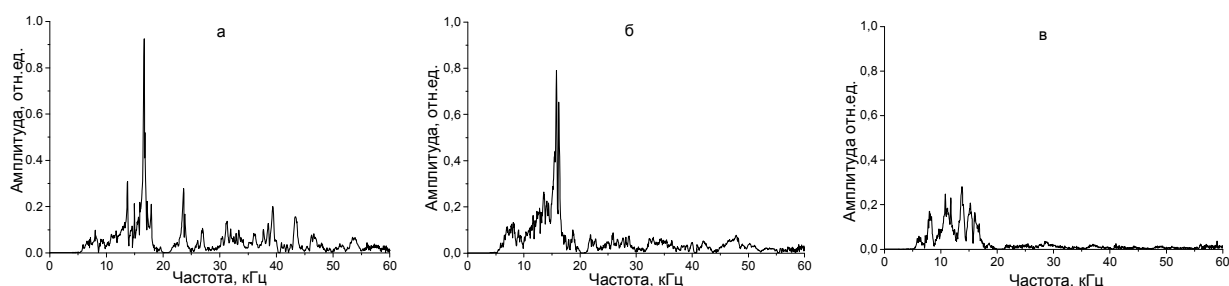


Рис.4. Изменение амплитудно-частотных характеристик электрических откликов в зависимости от величины внешней нагрузки: а – без нагрузки; б – нагрузка 100 кН; в – нагрузка 146 кН.

Как видно из рисунка основная часть высокоамплитудных спектральных составляющих для ненагруженного образца сосредоточена в диапазоне частот от 13 до 18 кГц. В процессе нагружения наблюдается последовательное смещение доминирующего пика и всего спектра в низкочастотную область, это связано с интенсивным трещинообразованием.

В ходе исследований установлено, что при переходе бетона из области упругой деформации в область пластической деформации увеличивается коэффициент затухания сигнала и происходит смещение спектрального состава электрических откликов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carpinteri A., Xu J., Lacidogna G., Manuello A. Reliable onset time determination and source location of acoustic emissions in concrete structures. *Cement and Concrete Composites*, 2010, Vol. 34, Is. 4, P. 529–537.
2. Ohno K., Ohtsu M. Crack classification in concrete based on acoustic emission. *Construction and Building Materials*, 2010, Vol. 24, Is. 12, P. 2339–2346.
3. Fursa T. V., Surzhikov A.P., Dann D. D. Development of the Technique of Nondestructive Testing of Heterogeneous Dielectric Materials Based on Utilization of the Mechanoelectric Transformation Phenomenon. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 2010, Vol. 46, N. 1, P. 5-9.