

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО  
ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ**

Данн Д.Д., Фурса Т.В., Петров М.В.

Научный руководитель: д.т.н. Т.В. Фурса

Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

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

E-mail: [dddann@tpu.ru](mailto:dddann@tpu.ru)

**THE DEVELOPMENT OF METHOD FOR DAMAGE EVALUATION OF CONCRETE UNDER  
CYCLIC FREEZE-THAW**

D.D.Dann, T.V.Fursa, M.V. Petrov

Scientific Supervisor: Dr. T.V. Fursa

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

E-mail: [dddann@tpu.ru](mailto:dddann@tpu.ru)

***Abstract.** The paper presents the results of experimental research of the parameters of electric responses from concrete samples, subjected to cyclic freeze-thaw. Diagnostic criteria for evaluating the processes of cracking in concrete under the influence of temperature and humidity were proposed.*

Конструкции из бетона эксплуатируются в условиях воздействия статических и динамических нагрузок и значительных сезонных колебаний температуры и влажности. В результате механических и температурно-влажностных воздействий в бетоне происходят процессы трещинообразования, что в конечном итоге приводит к разрушению конструкции. Повреждение бетона, вызванное замораживанием-оттаиванием, является одной из основных проблем в условиях холодного климата. Поэтому существует необходимость контроля конструкций из бетона в условиях испытания. Как правило, для определения повреждений в бетоне используется акустические методы [1-2]. Для решения этой задачи может быть использован метод, основанный на явлении механоэлектрических преобразований [3].

Экспериментальные исследования были выполнены с помощью программно-аппаратного комплекса, позволяющего производить импульсное механическое возбуждение образцов и регистрацию электрических откликов [4].

Исследования были выполнены на образцах тяжелого бетона размерами 100×100×100 мм и 100×100×300 мм. В качестве крупного заполнителя был использован щебень. Каждый образец для ускорения процессов деградации структуры в условиях циклического замораживания-оттаивания замачивался в воде. Затем производилось циклическое замораживание-оттаивание. Замораживание производилось в условиях климатической камеры при температуре минус 30°С, а оттаивание в специальной камере при температуре (20±5)°С и влажности 95 %. После каждых 2 циклов замораживания-оттаивания образцы высушивались, и производилось измерение из них электрического отклика. Высушивание образцов перед измерением производилось для того, чтобы исключить влияние влажности на параметры электрического отклика.

Наряду с измерением электрических сигналов производилось фотографирование поверхностей образцов с целью визуального отслеживания процессов поверхностного растрескивания. Появление поверхностных трещин в образцах бетона начинается с 25 цикла.

В процессе циклического замораживания-оттаивания в образце бетона начинают формироваться трещины. Возникающая при упругом ударном возбуждении акустическая сферическая волна многократно отражается от границ образца. Фронт акустической волны пересекает зоны контакта бетона с трещинами, что приводит к его искажению. Так как созданная ударным возбуждением акустическая волна многократно взаимодействует с арматурой и трещинами, то происходит накопление нарушений ее фронта. Эти искажения должны отражаться в спектральной характеристике электрического отклика.

Интерпретация измеренных сигналов в частотной области была выполнена с использованием спектральной плотности мощности. На рисунке 1 приведена двумерная картина, иллюстрирующая характер изменения нормализованной спектральной плотности мощности в процессе циклического замораживания-оттаивания бетона.

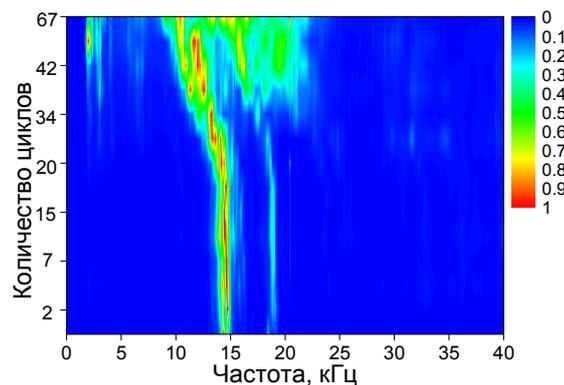


Рис. 1. Карта нормализованной спектральной плотности мощности электрического сигнала в процессе циклического замораживания-оттаивания тяжелого бетона

Как видно из рисунка 1 именно после 25 цикла и наблюдается значительная трансформация спектрального состава электрических откликов.

Рассеяние упругих волн на трещинах отражает процесс затухания от времени. Для определения характера изменения коэффициента затухания энергии электрического сигнала из образцов бетона в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания использован частотно-временной анализ как это описано в работе [5]. Такая методика позволяет отслеживать затухание энергии сигнала как функцию времени в области любого, выбранного диапазона частот.

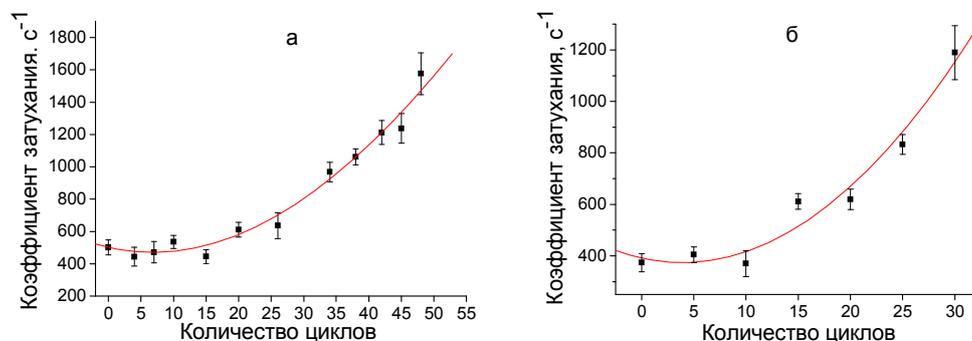


Рис. 2. Зависимость коэффициента затухания от количества циклов замораживания-оттаивания для образцов бетона размером: 100×100×100 мм (а) и 100×100×300 мм (б).

Из сравнения рисунков 2а и 2б видно, что зависимости коэффициента затухания от количества циклов замораживания-оттаивания для образцов различных размеров имеют аналогичный вид.

Были проведены исследования влияния влажности на изменение коэффициента затухания энергии электрических откликов. Для этого образцы тяжелого бетона были замочены в воде, и производилось измерение из них электрического отклика в процессе высушивания (рисунок 3). Влажность определялась весовым методом. Влажность исходных образцов принималась равной 1.5%, что соответствует литературным данным для бетона нормальной влажности.

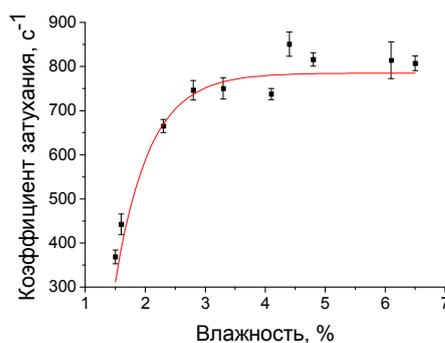


Рис. 3. Зависимость коэффициента затухания энергии электрических откликов от влажности бетона

Как видно из рисунка в диапазоне изменения влажности от 1.5 до 2.8% происходит возрастание коэффициента затухания примерно в 2 раза. Дальнейшее изменение влажности не приводит к значительному изменению коэффициента затухания. Полученная зависимость может быть использована как градуировочная при испытании изделий из бетона различной влажности.

Проведенные исследования показывают, что метод основанный на явлении механоэлектрических преобразований может быть использован для оценки повреждений в бетоне под действием климатических факторов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ohno, K., Ohtsu, M.: Crack classification in concrete based on acoustic emission. *Constr. Build. Mater.*, 2010, v. 24, 2339–2346.
2. Hoła, J., Sadowski, Ł., Schabowicz, K.: Nondestructive identification of delaminations in concrete floor toppings with acoustic methods. *Autom. Constr.*, 2011, v. 20, 799–807.
3. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка неразрушающего метода контроля прочности бетона с дефектной структурой на основе явления механоэлектрических преобразований. *Дефектоскопия*, 2011, №5, с.39-47.
4. Fursa T.V., Osipov K.Yu., Lyukshin B.A. and Utsyn G.E 2014 The development of a method for crack-depth estimation in concrete by the electric response parameters to pulse mechanical excitation. *Meas. Sci. Technol.*, v. 25, 055605.
5. Quiviger A., Payan C., Chaix J.-F., Garnier V. and Salin J.: Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasound in concrete. *NDT&E Int.*, 2012, v. 45, 128–132.