

**ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ - ОТТАИВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ИЗ АРМИРОВАННОГО БЕТОНА**

И.Н.Корзенюк, Т.В.Фурса

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail:[irinka.korzenok@mail.ru](mailto:irinka.korzenok@mail.ru)

**INFLUENCE OF CYCLIC FREEZE-THAWING ON THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC  
SIGNAL REINFORCED CONCRETE**

I.N.Korzenok, T.V.Fursa

Scientific Supervisor: Dr. T.V.Fursa

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

E-mail:[irinka.korzenok@mail.ru](mailto:irinka.korzenok@mail.ru)

***Annotation.** The influence of cyclic freeze-thawing on the electric signal parameters from glass fiber reinforced concretes was studied. It is established that the center of gravity of the electric signal spectrum shifts towards lower frequencies and the attenuation coefficient of the energy of the electric signal increases as the number of cyclic freeze-thawing increases.*

В процессе эксплуатации в естественных условиях конструкций из армированного бетона под действием сезонных температурно-влажностных воздействий происходит их постепенное разрушение. В настоящее время нет достаточно простых и надежных методов определения происходящих в конструкциях из армированного бетона нарушений. Поэтому существует необходимость разработки методов контроля с целью обеспечения безопасной эксплуатации инженерных конструкций и сооружений. В настоящее время основными методами, которые разрабатываются для этих целей, являются акустические [1,2]. Для решения этой задачи может быть использован метод неразрушающего контроля, основанный на явлении механоэлектрических преобразований при импульсном механическом возбуждении гетерогенных неметаллических материалов [3,4].

Данная работа посвящена исследованию характера изменения параметров электрического сигнала из образцов армированного бетона в условиях климатических испытаний.

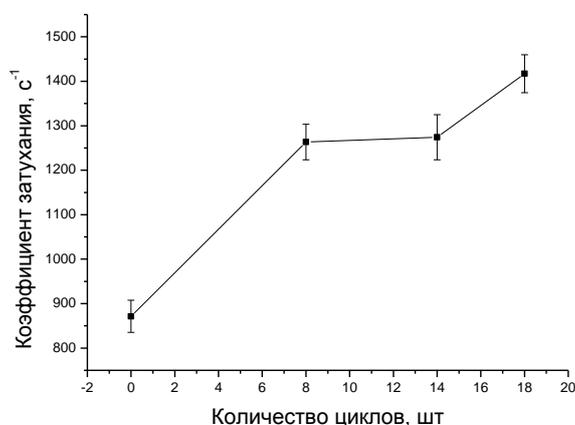
Экспериментальные исследования выполнены с помощью аппаратно-программного комплекса, который позволяет производить однократный нормированный по силе удар по объекту исследования и регистрировать возникающий в результате этого воздействия электрический сигнал. Более подробно методика проведения исследований приведена в работе [5]. Для обработки полученных данных используются стандартная программа Origin и специальные программы, разработанные в среде программирования LabView.

Для проведения исследований были изготовлены лабораторные модели бетона, армированного стеклопластиковой арматурой. Модели представляли собой образцы тяжелого бетона размером

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

100x100x100 мм, в которые при формировании образцов было помещено по одному прутку стеклопластиковой арматуры диаметром 10 мм и длиной 120 мм. Пруток с помощью специально изготовленной направляющей стойки помещался в центр образца параллельно его боковым граням. Исследования были проведены на партии моделей армированного бетона, состоящей из 15 образцов. Перед проведением климатических испытаний образцы были замочены в воде. Было проведено 8, 14 и 18 циклов замораживания-оттаивания. Замораживание производилось в условиях климатической камеры при температуре минус  $40^{\circ}$ , а оттаивание в универсальной камере при температуре  $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$  и влажности 95 %. Для сравнительного анализа 3 образца не подвергались климатическим испытаниям и хранились в комнатных условиях. Затем образцы были высушены и проведено измерение из них электрического сигнала на ударное возбуждение.

Установлено, что при увеличении циклов замораживания-оттаивания наблюдается изменение характера затухания электрических сигналов и значительная трансформация их спектров. С использованием частотно-временного анализа [6,7] был произведен расчет коэффициентов затухания энергии электрических сигналов из образцов, прошедших различное количество циклов замораживания-оттаивания. На рис.1 приведен график, демонстрирующий характер изменения коэффициента затухания в процессе климатических испытаний.

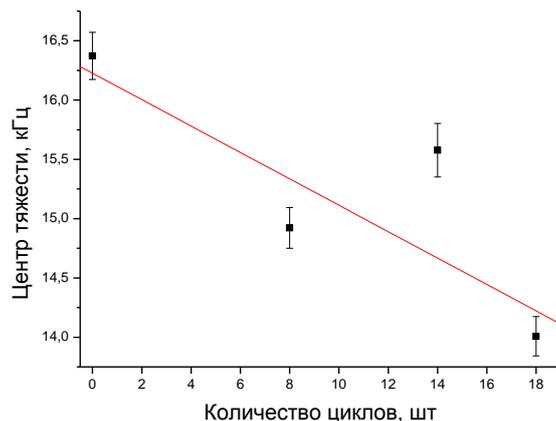


*Рис.1. Зависимость коэффициента затухания энергии электрических сигналов от количества циклов замораживания-оттаивания*

Как видно из рисунка при увеличении количества циклов замораживания-оттаивания наблюдается последовательное возрастание коэффициента затухания энергии электрических сигналов.

После проведения циклических знакопеременных температурных воздействий, даже после 18 циклов на поверхности образцов нет видимых трещин. Отсутствие поверхностных трещин свидетельствует о том, что изменение характеристик электрических сигналов в процессе замораживания-оттаивания связано с внутренними структурными нарушениями, в том числе и нарушением контакта стеклопластиковой арматуры с бетоном.

С использованием специальной программы в среде программирования LabView был произведен расчет центра тяжести спектров в диапазоне частот от 2 до 40 кГц. На рис.2 приведен график, демонстрирующий характер смещения спектров сигналов из армированного бетона, прошедшего различное количество циклов замораживания-оттаивания.



*Рис.2. Зависимость центра тяжести спектров электрических сигналов в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания*

Как видно из рис.2 увеличение количества циклов замораживания-оттаивания создает тенденцию к смещению центра тяжести спектра электрических сигналов в низкочастотную область.

Проведенные исследования показывают, что параметры электрического сигнала на ударное возбуждение чувствительны к изменению качества контакта стеклопластиковой арматуры с бетоном и могут быть использованы для разработки неразрушающего контроля армированных материалов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука»*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aggelis D.G., Mpalaskas A.C., Matikas T.E. Investigation of different fracture modes in cement-based materials by acoustic emission//Cement and Concrete Research.-2013.-P.1–8.
2. Liu Pei-Ling, Yeh Po-Liang Spectral tomography of concrete structures based on impact echo depth spectra//NDT&E International.-2011.-P.692–702.
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. Фурса Т.В., Суржиков А.П., Осипов К.Ю. Разработка акустоэлектрического метода определения пористости диэлектрических материалов// Дефектоскопия.-2007.-№ 2.-С.27-34.
5. Fursa T.V., Osipov K.Yu., Lyukshin B.A., Utsyn G.E. The development of a method for crack-depth estimation in concrete by the electric response parameters to pulse mechanical excitation//Meas. Sci. Technol. -2014.- 25 055605 (10pp).
6. Quiviger A., Payan C., Chaix J.-F., Garnier V., Salin J. Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasound in concrete//NDT&E International.-2012.-N.45.-P.128–132.
7. Осипов К.Ю., Фурса Т.В. Разработка метода определения глубины открытой трещины в бетоне по параметрам затухания электрического отклика на упругое ударное возбуждение//Письма в ЖТФ.-2013.-Т.39.-вып.10.-С.65-71.