

В статье рассмотрена работа системы излучатель-приемник без синхронизации. Предложен вариант устройства обеспечивающего синхронизацию. Представлена принципиальная схема этого устройства.

### **Список информационных источников**

1. Коломейцев А. А. Диагностика температурных полей магнитопровода бетатрона // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 47-49

2. X-SCAN LINEAR-ARRAY DETECTORS // User's Manual, Detection Technology, Oulu, Finland, 2014 – p. 55

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ БЕТОНА СО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

*Корзенюк И.Н.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Фурса Т.В., д.т.н., в.н.с. Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники дтэлектриков и полупроводников*

Стеклопластиковая арматура наряду со стандартной стальной применяется при армировании бетонных конструкций, работающих в условиях статических и динамических нагрузок, значительных сезонных колебаний температуры и влажности. Разница в поперечных коэффициентах теплового расширения стекловолокна и бетона во многом предопределяет поведение конструкции в целом при увеличении температуры, так как возникающие радиальные давления на границе бетон – арматура способны образовывать растягивающие напряжения и разрушать адгезионный контакт, снижая тем самым прочность конструкции и приводя к разрушению.

Для оценки прочности сцепления бетона со стеклопластиковой арматурой наряду с традиционными используемыми методами неразрушающего контроля может быть использован метод, основанный на явлении механоэлектрических преобразований, возникающих в бетоне при импульсном ударном воздействии [1, 2].

Суть этих преобразований заключается в том, что при импульсном механическом возбуждении в гетерогенных неметаллических материалах происходит появление переменного электрического поля. Электрический сигнал является следствием деформации и смещения двойных электрических слоев, расположенных на границе раздела фаз и деформации пьезоэлектрических включений, играющих основную роль в механоэлектрических преобразованиях. Пьезоэлектрические включения при импульсном механическом возбуждении создают упругие акустические волны, происходит поляризация и появление электрического поля, которое является источником электрического сигнала, регистрируемого при помощи датчика.

Данный метод мониторинга более чувствителен к процессам трещинообразования в бетоне, нежели традиционные методы, так как электрический сигнал отражает характер акустических колебаний при взаимодействии с дефектами различной направленности и конфигурации и не зависит от поверхностных эффектов (электрический датчик не имеет контакта с образцом).

Экспериментальные исследования проводились на лабораторном комплексе, позволяющем производить механическое импульсное воздействие на лабораторные модели армированного бетона и регистрировать возникающий электрический сигнал [3].

Лабораторные модели представляют собой бетонные кубы со стороной 100 мм, изготовленные из тяжелого бетона, и армированные по центру стеклопластиковым стержнем диаметром 10 мм и длиной 150 мм. Производство бетонных образцов проводили в соответствии с ГОСТ 7473-2010 [4]. Замораживание – оттаивание образцов производилось при помощи климатической камеры при температуре минус 40 °С и универсальной камеры при температуре плюс (20 ± 5) °С и 95% влажности. Партия армированного бетона для исследования состояла из 16 образцов, поделенных на 4 группы: 4 - не подвергались климатическим испытаниям, 4 – 8 циклов, 4 – 14 циклов, 4 – 18 циклов. Максимальное количество циклов замораживания-оттаивания составляло 18 циклов, так как это количество циклов не приводит к растрескиванию поверхности в исследуемых образцах и позволяет оценить состояние контактной зоны между арматурой и бетоном.

Определение прочности сцепления арматуры с бетоном было проведено методом экструзии. Армированный стекловолокном бетонный образец был помещен на металлическую стойку высотой 1,5 см с отверстием по центру. Образец с зубчатой рейкой был помещен в центре нижней пластины пресса. Нагружение образца проводили при постоянной скорости 0,2 кН /с. Экструзия арматуры из образца в

отверстие стойки производилась во время нагружения. Прочность сцепления ( $R$ ) стеклопластиковой арматуры и бетона на основе полученных результатов рассчитывалась по формуле:

$$R = \frac{P}{\pi dl},$$

где  $P$  - среднее напряжение в пределах длины заделки стержня, Па;  $d$  - диаметр стержня, мм;  $l$  - длина заделки стержня, мм.

На рисунке 1 показаны результаты механических испытаний образцов бетона, армированного стекловолокном после различного количества циклов замораживания-оттаивания.

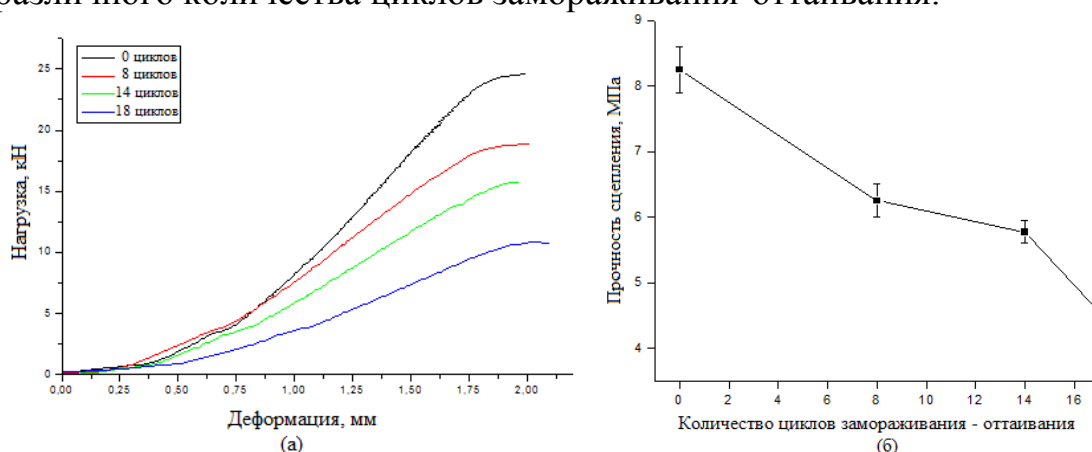


Рисунок 1. Изменение зависимости абсолютной деформации от нагрузки - (а) и изменение прочности сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном - (б) во время циклического замораживания - оттаивания.

Как видно из рисунка 1, увеличение числа циклов замораживания - оттаивания, приводит к уменьшению угла наклона нагрузочных кривых, что указывает на изменение модуля упругости и уменьшения прочности сцепления бетона с арматурой.

Зависимость коэффициента затухания спектральной энергии электрических сигналов от прочности сцепления бетона с арматурой показана на рисунке 2.

Рисунок 2 наглядно отражает влияние прочности сцепления бетона с арматурой на спектральный состав электрических сигналов. Повреждение зоны контакта влечет за собой смещение спектрального диапазона электрических сигналов в области низких частот.

Таким образом, как показали проведенные исследования, прочность сцепления арматуры с бетоном после проведения циклического замораживания - оттаивания по сравнению с первоначальным состоянием снижается практически в 2 раза.

Коэффициент затухания энергии электрического сигнала хорошо коррелирует с изменениями в прочности сцепления бетона с арматурой и может быть использован в качестве диагностического критерия при неразрушающем контроле армированных конструкций.

Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию и усовершенствование предложенных ранее алгоритмов и методик неразрушающего контроля дефектности композиционных неметаллических материалов для испытания бетонов, армированных стеклопластиковой арматурой.

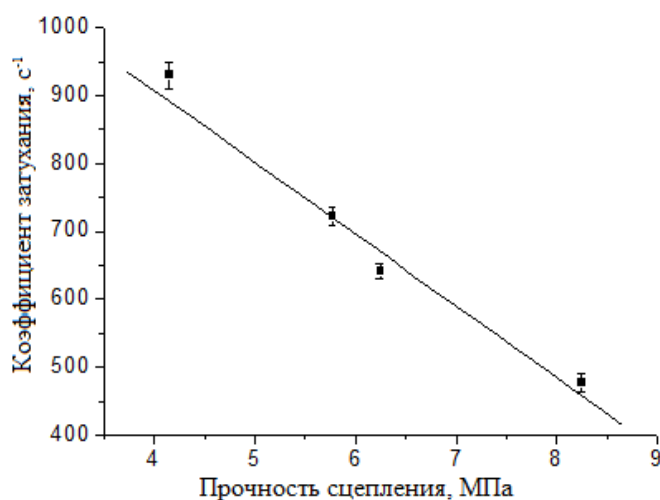


Рисунок 2. Зависимость коэффициента затухания спектральной энергии электрических сигналов от прочности сцепления бетона с арматурой.

### Список информационных источников

1. Tsai YT, Zhu J. Simulation and Experiments of Airborne Zero-Group-Velocity Lamb Waves in Concrete Plate. J NondestructEval 2012; 31:373-382.

2. Kee S, Zhu J. Using air-coupled sensors to determine the depth of a surface-breaking crack in concrete. J AcoustSoc Am 2010; 127: 1279–1287.

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. ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия»