

УДК 620.192:534–16:53.887.45

**ВЛИЯНИЕ ПРИЛОЖЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ
НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ПРИ АКУСТИЧЕСКОМ
ВОЗБУЖДЕНИИ**

Е.К. Помишин

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

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

**MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON ELECTROMAGNETIC RESPONSE PARAMETERS OF
DIELECTRIC STRUCTURES UNDER ACOUSTIC EXCITATION**

E.K. Pomishin

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

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

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

***Abstract.** The paper investigates the parameters of the electromagnetic response to a deterministic acoustic excitation of cement-sand and cement-glass samples with inclusions of different materials in a magnetic field and without. The obtained regularities open up the possibility of objective instrumental determination of the magnetizable defects in a controlled dielectric structure.*

Введение. В целях техногенной безопасности необходимо периодически проводить неразрушающий контроль бетонных конструкций и других диэлектрических изделий. В настоящее время для тестирования материалов и конструкций используют различные неразрушающие методы контроля. Для этих целей применяют акустические импульсные и акустико-эмиссионные, электрические и электромагнитные, магнитные, рентгеновские, вибро- и ударно-термографические и другие методы.

Каждые в отдельности эти методы могут быть не эффективны при контроле дефектности диэлектрических материалов и их структур. Выявление же дефектности в виде инородных включений и прослоек в диэлектрических структурах имеет большое значение для контроля их действующей механической и электрической прочности. Комплексные методы акустико-электрических преобразований могут являться хорошим способом неразрушающего тестирования дефектных диэлектрических материалов и структур, учитывающим эти особенности.

Экспериментальная часть. В разрабатываемом комплексном методе используются контактное акустическое зондирование и бесконтактный прием электромагнитных сигналов (ЭМС), возникающий при таком воздействии [1, 2]. При разработке этого метода для тестирования наличия диэлектрических дефектов в диэлектрическом материале использовали электрическое поле, которое прикладывали к поверхности исследуемого образца. Тогда для тестирования намагничивающихся твердотельных дефектов наряду с акустическим возбуждением образцов или изделий и регистрацией электромагнитных сигналов было бы целесообразно использовать наложение на контролируемый объект постоянных

магнитных полей. Магнитные поля могут способствовать усилению параметров акустико-электрических преобразований на контактах таких дефектов и диэлектрика. Это может быть обусловлено массовой переориентацией магнитных диполей в магнитном поле [3] и созданием двойных электрических слоев на контакте дефекта и материала образца.

Для проведения экспериментальных исследований акустико-электрических преобразований изготавливались образцы из цементно-песчаной ЦПС и цементно-стекляной смеси ЦСС размером $(50 \times 50 \times 100) \times 10^{-9} \text{ м}^3$ с размещением в них искусственных твердотельных включений в виде параллелепипеда (рис.1). Для измерения ЭМС боковая поверхность образцов $(50 \times 95) \times 10^{-6} \text{ м}^2$ размечалась на 15 площадок. Ширина измерительных ЭМС площадок определялась размерами лепестка емкостного датчика электромагнитного приемника.

Вводимую в образец остаточную энергию удара можно было регулировать поджатием пружины разгонного устройства. В качестве включений, имитирующих дефект, использовали включения из разных материалов. При этом материалы подбирались так, чтобы их акустический импеданс z и удельное электрическое сопротивление ρ были больше или меньше z_i и ρ_i ЦПС или ЦСС.

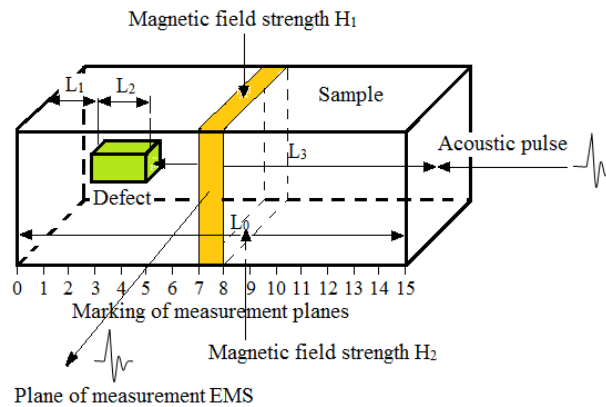


Рис. 1. Модельный образец из цементно-песчаной или цементно-стекляной смеси с твердотельным прямоугольным включением с приложением магнитного поля напряженностью H_1 и H_2 к контакту материалов смеси и дефекта

В экспериментах использовали дефекты размерами $(10 \times 10 \times 15) \times 10^{-9} \text{ м}^3$, оси которых соосны с осями образцов. При этом наибольшие грани дефектов параллельны большим поверхностям модельных образцов. Положение включения в образце контролировалось с помощью цифровой рентгенографии. В процессе проведения экспериментов прикладывали постоянное магнитное поля напряженностью от 0 до 2000 Э. С этой целью использовали постоянные неодим-феррум-боровый (NdFeB) магниты. Более подробно методика измерений описана ранее [2].

Исследовалось влияние магнитных полей на параметры электромагнитных откликов при импульсном акустическом возбуждении образцов из ЦПС и ЦСС с модельными дефектами, обладающими разными магнитными свойствами. В качестве дефектных материалов использовали ферритовый магнит У30, магнетитовую руду, дюралюминий Д16Т и латунь ЛС59.

Включения, не обладающие магнитными свойствами, не влияют на величину регистрируемого сигнала при магнитном поле, включения из магнетитовой руды позволяет увеличить электрический сигнал при внесении электрического поля, наилучший эффект наблюдается при включении в образце

магніта. На рисунку 2 представлені електромагнітні сигнали і їх спектри при детермінованому акустичному збудженні зразка ЦСС з дефектом із феритового магніта.

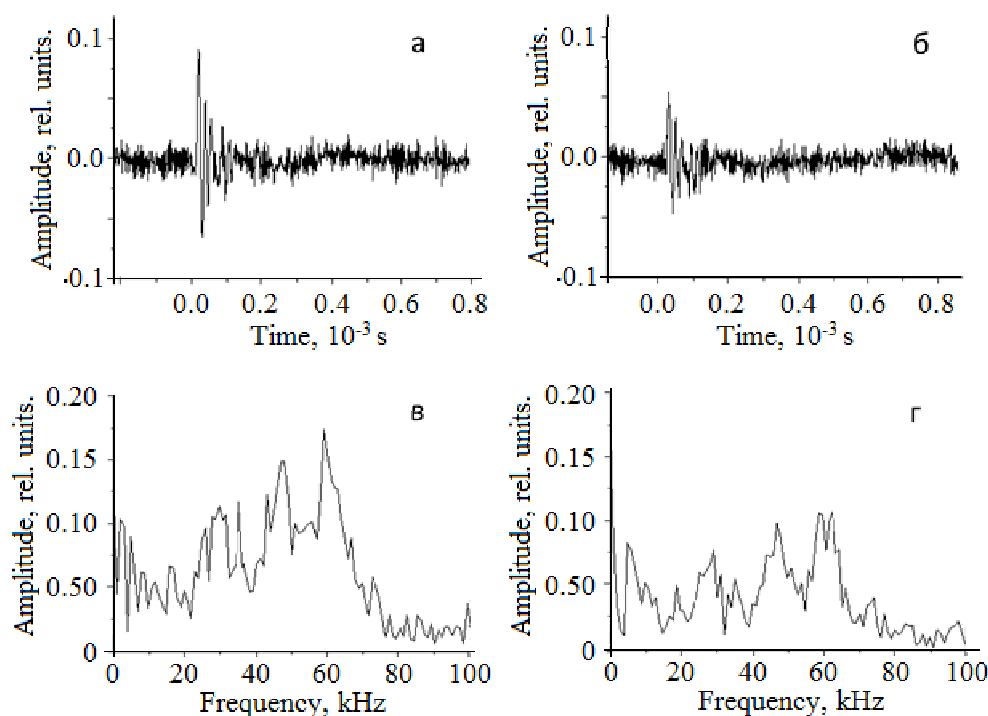


Рис. 2. Електромагнітні сигнали і їх спектри при детермінованому акустичному збудженні зразка ЦСС з дефектом із феритового магніта $У30$ розміром $(10 \times 10 \times 15) \times 10^{-9} \text{ м}^3$ без магнітного поля (а, в) і з магнітним полем 2280 Э (б, г)

Заключення. Из рисунка видно, что амплитуда ЭМС и его спектр выше при приложении магнитного поля (а, в) и падает при отсутствии магнитного поля (б, г). Это говорит о возможности определения магнитных свойств дефектов в цементных материалах, а также наличие магнитного поля при работе с магнитными материалами, позволяет увеличить чувствительность обнаружения этих включений.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант 20-79-10156.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fursa, T.V., Dann, D.D., Demikhova, A.A. Influence of the surface crack concentration and crack orientation in concrete subjected to a pulsed mechanical action on the electrical response parameters // Technical Physics. –2014. – Vol. 59. – P. 1815-1818.
2. Bespal'ko, A.A., Shtirts, V.A., Fedotov, P.I., Chulkov, A.O., Yavorovich, L.V. Modelling of Infrared Glow in Rock Holes // Journal of Nondestructive Evaluation. - 2019. – Vol. 38. – P. 29-30.
3. Campbell, P. Permanent Magnet Materials and their Application // Cambridge, UK: Cambridge University Press. – 1994. – P. 207.