

УДК 539.4:537.5

**СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ПРИ ВНЕШНЕМ  
ДЕТЕРМИНИРОВАННОМ АКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ МОДЕЛЬНЫХ  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ С ДЕФЕКТАМИ В БЕТОНЕ**Д.Д. Данн, М.В. Петров, П.Н. Хорсов

Научный руководитель: д. т. н., ведущий научный сотрудник А.А. Беспалько

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [dddann@tpu.ru](mailto:dddann@tpu.ru)**RELATIONSHIP OF ELECTROMAGNETIC RESPONSE PARAMETERS AT EXTERNAL  
DETERMINED ACOUSTIC IMPACT OF MODEL DIELECTRIC SAMPLES WITH DEFECTS IN  
CONCRETE**D.D. Dann, M.V.Petrov, P.N. Horsov

Scientific Supervisor: doctor of technical sciences, leading researcher A.A. Bepalko

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 studying the parameters of the electromagnetic response from model dielectric samples with defects in the form of air cavities under an external deterministic acoustic impact. It is shown that the change in the concentration of defects in the form of air cavities is best tracked by the shift of the test spectral components of the electromagnetic response.*

Для моделирования влияния дефектов в виде воздушных полостей на параметры электромагнитного отклика при внешнем детерминированном воздействии были использованы образцы из цементно-песчаной смеси. Известно, что при замешивании таких растворов происходит воздухововлечение, которое при размерах воздушных пузырьков до  $10^{-3}$  метра оказывает благоприятное влияние на морозостойкость и прочность бетона. Чем больше размеры воздушных включений, тем ниже прочность бетона или раствора при внешних нагрузках. Это обусловлено тем, что пустоты выше  $(5-7) \times 10^{-3}$  метров служат концентраторами напряжений, что приводит, в конечном итоге, к разрушению бетона [1]. Предельная длина капилляров не должна превышать  $2 \times 10^{-4}$  метра. Уменьшение этой длины способствует получению бетонов с высокой непроницаемостью до  $16 \times 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

Для решения задачи тестирования насыщенности воздушными включениями бетонов или цементного камня может быть использовано явление механоэлектрических преобразований в гетерогенных диэлектрических материалах, в том числе и акустико-электрические преобразования [2-4]. Проведенными исследованиями изучены основные механизмы механоэлектрических преобразований в гетерогенных диэлектрических структурах. В результате установлены связи параметров электромагнитного сигнала, возникающего при квазиупругом ударном возбуждении материалов с их пористостью, качеством контакта компонентов в композиционных материалах, напряженно-деформированном состоянием, дефектностью и прочностью, что свидетельствует о перспективности

использования явления механоэлектрических преобразований для контроля дефектности и прочности инженерных сооружений.

Исследования были выполнены с помощью лабораторного комплекса регистрации электромагнитного отклика гетерогенных материалов при акустическом детерминированном воздействии, блок-схема которого изображена на рисунке 1.

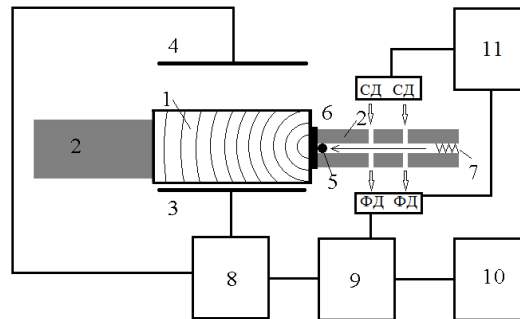
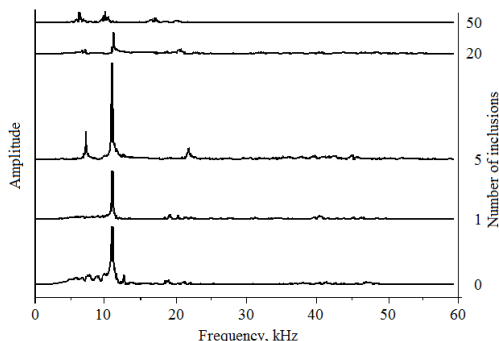


Рис. 1. Блок-схема лабораторного комплекса регистрации электромагнитного отклика гетерогенных материалов при акустическом детерминированном воздействии  
1 - образец, 2 – зажимы, 3- измерительный электрод, 4 – компенсационный электрод,  
5 – шарик, 6 – подложка, 7 пружина, 8 – дифференциальный усилитель,  
9 плата ввода-вывода данных, 10 – компьютер, 11 источник питания

С целью поиска возможных критериев, по которым можно было бы оценивать динамику изменения дефектности, анализировали характер изменения параметров механоэлектрических преобразований на физических моделях с искусственными дефектами. Исследования были проведены на моделях, содержащих внутренние воздушные полости. Для создания внутренних воздушных включений использовались заполненные воздухом полиэтиленовые шарики диаметром 10-2 метра. Были использованы модельные образцы из цементно-песчаной смеси, содержащие 1, 5, 20 и 50 воздушных включений. Такого типа дефекты моделируют внутренние воздушные полости, которые могут возникать при замешивании цементно-песчаной смеси. В эксперименте они играют роль рассеивающих центров для акустических волн, формирующихся в образце при возбуждении ударом шарика. Однако, в отличие от реальных полостей в данных моделях, имеется слой полиэтилена, на границе цементно-песчаной матрицы с которым в процессе формирования структуры цементного раствора должны образовываться двойные электрические слои. На этих образцах были проведены эксперименты по измерению электромагнитных сигналов и их амплитудно-частотных параметров при равном импульсном акустическом возбуждении. На рисунке 2 приведены полученные спектральные характеристики электромагнитных сигналов из модельных образцов, содержащих различное количество воздушных полостей.

На рисунке видно, что вначале при незначительном увеличении количества воздушных полостей происходит небольшое возрастание величины главного спектрального максимума на частоте около 11 кГц с последующим снижением его амплитуды при увеличении количества воздушных включений. Кроме того при этом спектр ЭМС изменяется. Поскольку воздушные включения при изготовлении модельного образца находятся на разном расстоянии от источника акустического возбуждения, то в результате отражения от их поверхностей в соответствии с законами линейной акустики [5] появляются дополнительные спектральные

полосы в возбуждающем акустическом импульсе. В результате акустико-электрических преобразований на границе включений появляются дополнительные полосы и в спектре ЭМС.



*Рис. 2. Изменение спектральных характеристик электромагнитного сигнала от концентрации внутренних воздушных полостей*

*1 – Без включений, 2 – 1 включение, 3 – 5 включений, 4 – 20 включений, 5 – 50 включений.*

Первоначальное возрастание амплитуды максимума обусловлены увеличением не перекрывающихся двойных электрических слоев. При этом не происходит компенсации их зарядового состояния. При дальнейшем увеличении количества воздушных включений приводит к сильному затуханию акустического импульса, компенсации зарядов на стенках соседних включений и, как следствие, к уменьшению амплитуды ЭМС в результате акустико-электрических преобразований. Кроме того наблюдается устойчивое смещение спектра ЭМС в низкочастотную область.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akhverdov I.N. Fundamentals of Concrete Physics, Moscow: Stroyizdat. 1981. – P. 464. (Russia).
2. Khatishvili N.G., Perel'man M.E. Generation of the electromagnetic radiation during the passage of acoustic waves through crystalline dielectrics and some rocks // Dokl. Akad. Nauk SSSR. – 1982. – 263(4). – P. 839–842.
3. Bespal'ko A.A., Gol'd R.M., Yavorovich L.V., Datsko D.I. Influence Exerted by Siltstone Lamination on the Electromagnetic Signal Parameters during Acoustic Excitation of Samples // Journal of Mining Science. – 2002. – 38(2). – P. 124–128.
4. Surzhikov, A.P., Fursa, T.V. Mechanoelectrical transformations upon the elastic impact excitation of composite dielectric materials // Technical Physics. – 2008. – 53(4). – P. 462–465.
5. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / под ред. И.П. Галямина. – Москва: Советская энциклопедия. 1979. – С. 400.