

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА И ШУНГИТА

Прудник А. М., Махмуд М. Ш., Лыньков Л. М.  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, 220013, Беларусь  
тел.: 17-2938025, e-mail: [aleks@bsuir.by](mailto:aleks@bsuir.by)

**Аннотация** — Разработана технология изготовления композиционных порошковых материалов на основе цемента и шунгита, которые могут быть использованы в качестве отделочных материалов для обеспечения электромагнитной совместимости РЭА, защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок. Проведено исследование экранирующих характеристик материалов с помощью панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения. Показано, что материал на основе цемента и шунгита характеризуется значениями коэффициентов передачи от  $-10$  дБ до  $-30$  дБ в частотном диапазоне  $0,5-18$  ГГц.

## I. Введение

Защита от электромагнитных излучений важна вследствие экспоненциального роста количества электронных устройств, а также по причине увеличения их чувствительности, в частности, радиочастотных устройств, которые имеют тенденцию к взаимодействию с цифровыми устройствами. В частности, создание экранирующие материалы применяются для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН), для снижения радиолокационной заметности объектов военной техники, защиты РЭА от поражающего воздействия электромагнитного оружия [1–2].

Экранирование радиоизлучений может осуществляться токопроводящими красками, фольгой, металлизированными тканями. Кроме того, различные виды изделий, снижающих уровень электромагнитного излучения, могут изготавливаться как в виде разборных модульных конструкций, так и в виде поглощающих отделочных и строительных материалов [3–5].

Цемент обладает очень небольшой проводимостью, соответственно, его способность экранировать и поглощать электромагнитное излучение очень низкая, поэтому самым простым и эффективным способом увеличения его экранирующих характеристик является использование проводящих включений. Существуют два основных метода снижения уровня электромагнитных излучений — экранирование и применение поглотителей, соответственно и материалы на основе цемента могут быть разделены на два класса — экранирующие и поглощающие [6].

## II. Результаты испытаний

Экспериментальные образцы экранирующих материалов подготавливались в виде сухой смеси 40% шунгита и 25% цемента марки ПЦ 500 Д20, которая затем разбавлялась 35% воды. Шунгит — минерал с равномерным распределением высокодисперсных кристаллических силикатных частиц в аморфной углеродной матрице, который по свойствам связывания воды близок к минеральным веществам, входящим в состав цемента ПЦ 500 Д20.

Проводились измерения коэффициентов передачи и отражения двух групп образцов: экранирующий

отделочный материал толщиной 4 мм; экранирующий отделочный материал толщиной 4 мм, нанесенный на металлическую сетку. Кроме того, были проведены измерения экранирующих характеристик самой металлической сетки.

Экранирующие характеристики материалов измеряли с помощью панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения, работающего по принципу отдельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Измеритель имеет коаксиальный СВЧ измерительный тракт сечением  $7/3,04$  мм.

Полосы качания частоты измерителя: при измерении коэффициента отражения  $S_{11}$  —  $0,01-2,15$  ГГц и  $2-18$  ГГц, а при измерении коэффициента передачи  $S_{21}$  —  $0,01-3,0$  ГГц и  $2-18$  ГГц с количеством частотных точек, в которых проводятся измерения, равным 256 в каждом диапазоне. Измерения в каждой частотной точке выполнялись по 3 раза с усреднением результата.

При измерении коэффициентов передачи по схеме, изображенной на рис. 1. При этом генератор качающейся частоты (ГКЧ) измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал ЭМИ, прошедшее через исследуемый образец.

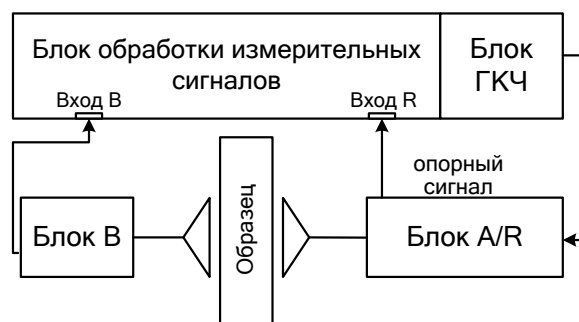


Рис. 1. Структурная схема измерительной установки.

Fig. 1. The block diagram of the measuring equipment

При измерении коэффициентов отражения на выходе устанавливался короткозамыкатель, ГКЧ измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал излучение, отраженное от экспериментального образца. Относительная погрешность измерений составила  $\pm 1\%$ .

Зависимость коэффициентов отражения экспериментальных образцов экранирующего отделочного материала от частоты в диапазонах  $0,5-3$  ГГц и  $2-18$  ГГц, показаны на рис. 2.



Рис. 2. Значения коэффициентов передачи материала с шунгитом в диапазоне 2–18 ГГц.

Fig. 2. The transmission properties of shielding materials with schungite in the frequency range 2–18 GHz

### III. Интерпретация результатов испытаний

Исследуемые материалы в основном характеризуются невысокой отражательной способностью в диапазоне 0,5–18 ГГц, и добавление слоя отделочного материала принципиально не меняет характера зависимости коэффициентов отражения от частоты в диапазоне 2–18 ГГц.

Значения коэффициентов передачи исследуемых образцов в диапазоне 0,5–3 ГГц составили до –10 дБ и при использовании отделочного материала вместе с сеткой до –30 дБ, а в диапазоне 2–18 ГГц коэффициенты передачи составили –10÷–30 дБ и при использовании отделочного материала вместе с сеткой –23÷–29 дБ.

### IV. Заключение

Показана возможность создания отделочных материалов для защищенных помещений на основе шунгита. Исследованы их экранирующие характеристики. Приводятся значения коэффициентов отражения и передачи отделочных материалов на основе шунгита в частотном диапазоне 0,5–18 ГГц. Показано, что отделочный материал на основе шунгита характеризуется значениями коэффициентов передачи от –10 дБ до –30 дБ.

### V. Список литературы

- [1] Бозуш В. А., Борботько Т. В., Гусинский А. В. и др. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты. Минск, 2003.
- [2] Lynkov L., Proudnik A., Borbotko T., Kolbun N. Wideband electromagnetic shields and absorbers // Korean-Belarusian joint workshop on nanocomposite technology / Daejeon, Korea: The Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), April 4–7, 2009. P. 52–86.
- [3] Прудник А. М., Борботько Т. В., Колбун Н. В., Лыньков Л. М. Электромагнитное экранирование для систем защиты информации, маскирования военной техники и защиты биологических объектов // Материалы 14-й Международной научно-практической конференции "Комплексная защита информации". 19–22 мая 2009 г., Могилев. — Минск, 2009. С. 186–187.
- [4] Казека А. А., Петров С. Н., Фархат А. С., Прудник А. М. Экраны электромагнитного излучения на основе капиллярно-пористых материалов // Доклады БГУИР. 2009. Т. 7, № 2. С. 34–38.

- [5] Прудник А. М., Петров С. Н., Соколов В. Б., Борботько Т. В., Лыньков Л. М. Конструкции панелей для электромагнитно-акустической защиты выделенных помещений / Материалы XVI научно-практической конференции «Комплексная защита информации». 17–20 мая 2011 г., Гродно, Беларусь / под общ. ред.: А.Н. Курбацкого [и др.]. — Минск: БелГИСС, 2011. С. 288–290.
- [6] Guan H., Liu S., Duan Y., Cheng J. Cement based electromagnetic shielding and absorbing building materials // Cement & Concrete Composites 28 (2006) 468–474.

## THE STUDY OF SHIELDING CHARACTERISTICS OF COMPOSITES ON THE BASIS OF CEMENT AND SCHUNGITE

Proudnik A. M., Mahmood M. Sh., Lynkou L. M.  
*Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics  
Minsk, 220013, Belarus  
Ph.: 17-2938025, e-mail: aleks@bsuir.by*

**Abstract** — The technology for manufacturing of composite materials on the basis of cement and schungite, which can be used as finishing materials for providing electromagnetic compatibility of electronic equipment, protect information from leaking via electromagnetic radiation channels. The study of the characteristics of shielding materials was carried out with panoramic measurer of transmission and reflection coefficients. It is shown that the material on the basis of cement and schungite is characterized by the values of transmission coefficients from –10 dB to –30 dB in the frequency range 0.5–18 GHz.

### I. Introduction

Protection against electromagnetic radiation is important because of the exponential growth of electronic devices, as well as due to the increase of their sensitivity, in particular, radio-frequency devices, which has tend to interact with digital devices. In particular, the creation of the shielding materials used for electromagnetic compatibility of electronic equipment, the protection of information leakage through the electromagnetic channels, decrease of the radar visibility of military equipment objects, protection of electronic equipment from the striking of the effects of electromagnetic weapons.

### II, III. Main Part

The transmission and reflection coefficients of the samples of shielding finishing material were measured. For this experiment finishing material with thickness 4 mm and finishing material with thickness 4 mm, deposited on a metal mesh were used. In addition, measurements of shielding characteristics of the metal mesh were carried.

The experimental materials are mainly characterized by low reflectivity in the range of 0.5–18 GHz, and adding a layer of filling material, fundamentally do not change the nature of the dependence of the reflection coefficient in the frequency range 2–18 GHz.

The values of the transmission coefficients of the samples were –10 dB in the range 0.5–3 GHz and transmission coefficients of the samples with the mesh were up to –30 dB.

The values of the transmission coefficients of the samples were –10÷–30 dB in the range 2–18 GHz and transmission coefficients of the samples with the mesh were –23÷–29 dB.

### IV. Conclusion

The possibility of creating finishing materials for protected areas, based on schungite is shown. Their shielding characteristics are investigated. The transmission and reflection coefficients values in the frequency range 0.5–18 GHz are presented. It is shown that finishing materials on the basis of cement and schungite has values of transmission coefficient –10 dB to –30 dB.