

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 537.877

**МОДИФИЦИРОВАНИЕ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ  
УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ ИГЛОПРОБИВНЫХ ПОЛОТЕН  
ДЛЯ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

В.А. БОГУШ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 16 ноября 2015*

Представлены результаты исследования характеристик передачи и отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7...17 ГГц иглопробивных полотен, модифицированных путем пропитывания спиртосодержащими водными растворами и растворами солей кальция. Экспериментально обоснована возможность использования таких полотен для изготовления конструкций экранов электромагнитного излучения со значением коэффициента отражения  $-8...-10$  дБ и коэффициента передачи до  $-18$  дБ в указанном диапазоне частот.

*Ключевые слова:* водосодержащие растворы, угольное волокно, экран электромагнитного излучения.

**Введение**

Перспективы использования электромагнитных экранов в виде тканых или нетканых материалов связаны с решением двух актуальных задач: высокой радиопоглощающей эффективности и сохранения потребительских свойств текстиля. Другими словами, придание текстильным материалам радиопоглощающих свойств не должно ухудшать их физико-механические характеристики. Технология производства радиопоглощающих текстильных материалов, в том числе с использованием проводящих элементов (металлические нити, микропроволока специальных волокон и др.), позволяет формировать полотна заданной пространственной структуры, характеризующиеся пониженной горючестью, бактерицидными и репеллентными свойствами. Защита организма человека от действия электромагнитных излучений предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Радиопоглощающие материалы и электромагнитные экраны на их основе, первоначально применявшиеся лишь при защите объектов военной техники, малозаметной для радиолокационных систем обнаружения, стали эффективным средством решения этих проблем в среде обитания человека. Широкое применение в промышленности и военной отрасли, в том числе при создании одежды, материалов и конструкций для электромагнитной маскировки и защиты изделий и объектов от помех, нашли гибкие электромагнитные экраны на основе нетканых материалов, тканей и трикотажа.

Целью настоящей работы является исследование экранирующих электромагнитное излучение материалов, полученных путем введения двух видов водосодержащих растворов в иглопробивные полотна, содержащие угольные волокна, и разработка рекомендаций по их использованию.

## Обоснование проведения исследований

Исследуемое нетканое иглопробивное полотно на 70 % состоит из полиэфирных волокон и на 20 % из полипропиленовых волокон. Основное отличие этого полотна в том, что оно в своем составе содержит угольное волокно УГЦВ-1-Р (10 %). Толщина полотна составляет 4,7...6 мм, поверхностная плотность – 250...305 г/м<sup>2</sup>. Данный материал обладает низкой прочностью, высокой гигроскопичностью, а также не накапливает электрический заряд. Нетканое иглопробивное полотно является экранирующим электромагнитное излучение материалом, коэффициент передачи электромагнитного излучения для нетканого иглопробивного полотна плотностью 305 г/м<sup>2</sup> и толщиной 4,7 мм составляет 0...–4,2 дБ в диапазоне частот 0,7...2 ГГц и –1...–9,6 дБ в диапазоне частот 2...17 ГГц. Данный материал может использоваться в качестве экранов электромагнитного излучения в виде строительных конструкций, элементов интерьера и защитной одежды.

Использование водосодержащих наполнителей позволяет модифицировать материал электромагнитного экрана. Проведенные исследования позволяют установить изменения электрофизических свойств экранов в процессе их эксплуатации в условиях повышенной влажности и других неблагоприятных условий эксплуатации.

## Методика проведения эксперимента

Иглопробивной волокнистый материал пропитывали 45%-м водным раствором CaCl<sub>2</sub> (образец № 1) и антифризом «Аляска» (образец № 2). Выбор 45%-го водного раствора CaCl<sub>2</sub> обусловлен сохранением влагосодержания в пропитываемых материалах [1]. Выбор антифриза обусловлен возможностью его равномерного распределения в межволоконном пространстве образца. Исследование характеристик отражения и передачи ЭМИ в диапазоне 0,7...17 ГГц образцов проводилось с помощью измерительного комплекса SNA 0,01–18, согласно методике, представленной в [2].

Состав влагосодержащего экрана электромагнитного излучения на основе иглопробивного волокнистого материала

Номер образца	Раствор	Увеличение массы, %
№ 1	45%-й водный раствор CaCl <sub>2</sub>	50
№ 2	Антифриз «Аляска»	30

## Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены частотные характеристики коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц образцов на основе иглопробивного волокнистого материала. Показано, что частотные характеристики имеют равномерный характер. Для образца № 1 коэффициент передачи ЭМИ составил –12,9...–17,3 дБ в диапазоне частот 0,7...2 ГГц и –10...–21 дБ в диапазоне частот 2...17 ГГц. Для образца № 2 величины указанного параметра составили соответственно –4,8...–7,8 дБ и –8...–12 дБ.

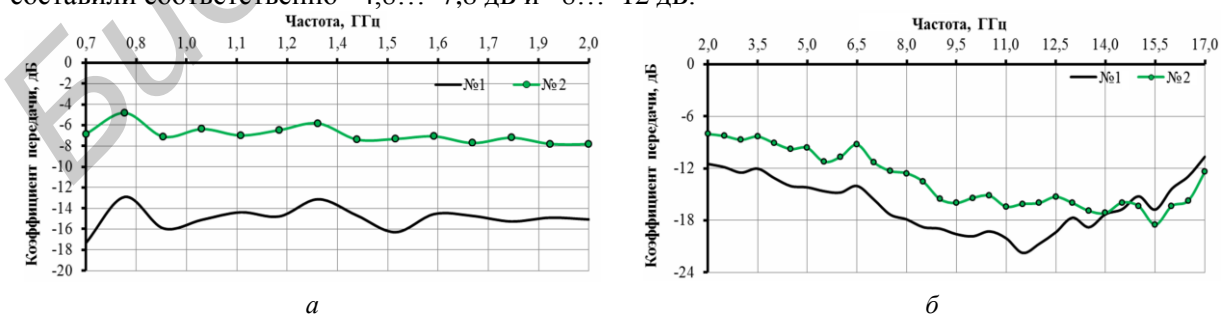


Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента передачи влагосодержащего экрана электромагнитного излучения на основе иглопробивного волокнистого материала в диапазоне частот 0,7...2 ГГц (а), 2...17 ГГц (б)

На рис. 2 представлена частотная характеристика коэффициента отражения ЭМИ от поверхности образцов в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Значения коэффициента отражения ЭМИ

образца № 1 изменяются в интервале  $-0,3 \dots -1,8$  дБ в диапазоне частот  $0,7 \dots 2$  ГГц и в интервале  $-4,2 \dots -16,4$  дБ в диапазоне частот  $2 \dots 17$  ГГц. Частотная характеристика образца № 2 имеет резонансный характер, при этом коэффициент отражения ЭМИ имеет значения  $-2,1 \dots -11,3$  дБ в диапазоне частот  $0,7 \dots 2$  ГГц и  $-1,6 \dots -21,4$  дБ в диапазоне частот  $2 \dots 17$  ГГц.

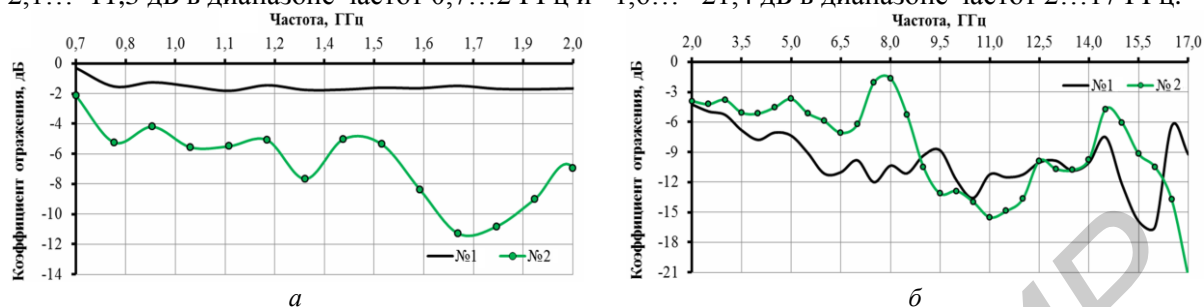


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения влагосодержащего экрана электромагнитного излучения на основе иглопробивного волокнистого материала в диапазоне частот  $0,7 \dots 2$  ГГц (а),  $2 \dots 17$  ГГц (б)

На рис. 3 представлена частотная характеристика коэффициента отражения ЭМИ от поверхности закрепленных на металлических подложках образцов в диапазоне частот  $0,7 \dots 17$  ГГц. Частотная характеристика коэффициента отражения равномерно убывает с ростом частоты. Для образца № 1 коэффициент отражения ЭМИ в диапазонах частот  $0,7 \dots 2$  ГГц и  $2 \dots 17$  ГГц изменяется соответственно в интервалах  $-0,4 \dots -2,9$  дБ и  $-2 \dots -8,7$  дБ, для образца № 2 в интервалах  $-0,4 \dots -8,4$  дБ и  $-1,7 \dots -15,5$  дБ.

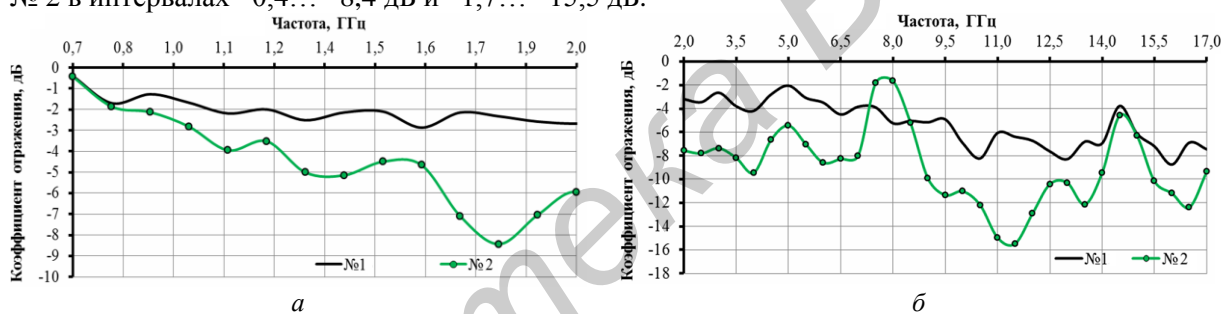


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента отражения закрепленных на металлической подложке образцов на основе иглопробивного волокнистого материала в диапазоне частот  $0,7 \dots 2$  ГГц (а),  $2 \dots 17$  ГГц (б)

Таким образом, модифицирование иглопробивных полотен путем введения в них водосодержащих компонентов позволяет уменьшить до  $-16$  дБ (в случае использования для пропитки солей кальция) и до  $-8$  дБ (в случае использования для пропитки спиртосодержащих водных растворов) значения их коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот  $0,7 \dots 17$  ГГц. Пропитка антифризом позволяет сформировать образцы электромагнитных экранов с коэффициентом отражения до  $-8,5$  дБ в диапазоне частот  $0,7 \dots 2$  ГГц (резонанс на частоте  $1,8$  ГГц). При этом стандартные (без пропитки) образцы в данном частотном диапазоне характеризуются величиной указанного параметра, составляющего  $-2 \dots -3$  дБ. Иглопробивные полотна, пропитанные водными растворами хлористого кальция, характеризуются величиной коэффициента отражения ЭМИ  $-3 \dots -6$  дБ в диапазоне частот  $0,7 \dots 17$  ГГц, что может быть связано с повышенным содержанием соли в растворе (повышением электропроводности модифицируемого материала).

Варианты использования исследуемых образцов в качестве элементов конструкций возможны при их герметизации лавсан-полиэтиленовыми пленками методом запаивания [3].

### Заключение

На основании результатов исследования можно сделать выводы, что полученные модифицированные образцы содержащих угольные волокна иглопробивных полотен характеризуются коэффициентом передачи до  $-18$  дБ и коэффициентом отражения ЭМИ до  $-16$  дБ (при использовании металлического отражателя) в диапазоне частот  $0,7 \dots 17$  ГГц. Таким

образом, попадание влагосодержащих сред в такие полотна не приводит к значительному изменению характеристики отражения ЭМИ такими материалами. Предложено использование таких модифицированных полотен в качестве элементов электромагнитных экранов при условии их герметизации.

## **MODIFICATION BY THE WATER SOLUTIONS OF CARBON-CONTAINING NEEDLE-PUNCHED FABRICS FOR ELECTROMAGNETIC RADIATION SHIELDS**

V.A. BOGUSH

### **Abstract**

Research results of electromagnetic radiation transmission and reflection characteristics in the frequency range 0.7...17 GHz of needle-punched webs modified by impregnation with solutions containing alcohol and calcium salts are presented. The possibility of such fabrics using for the manufacture of electromagnetic radiation shields constructions with the value of the reflection coefficient  $-8...-10$  dB and transmission coefficient to  $-18$  dB in this frequency range is experimentally demonstrated.

*Keywords:* water-containing solution, carbon fiber, electromagnetic radiation shield.

### **Список литературы**

1. Пулко Т.А. Стабильность водосодержащих конструкций экранов электромагнитного излучения для защиты информации от утечки по техническим каналам: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Минск, 2010.
2. Радиоэкранирующие модульные конструкции на основе порошкообразных материалов / Под ред. Л.М. Лынькова. Минск, 2013.
3. Богущ В.А. // Докл. БГУИР. 2016. № 1 (95). С. 104–106.