

УДК 621.3.083

ПОГЛОТИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОГНЕСТОЙКИХ КРАСОК С ПОРОШКООБРАЗНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Д.Н. ЛИСОВСКИЙ, М.Ш. МАХМУД, Г.А. ВЛАСОВА, Т.А. ПУЛКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 27 марта 2012

С целью повышения конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров поглотителей электромагнитного излучения (ЭМИ) для экранированных помещений, а также обеспечения экологической безопасности, предложены композиционные материалы с покрытием из огнестойких красок с порошкообразными наполнителями на основе шунгита, обладающие свойствами поглощения мощности электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.

Ключевые слова: СВЧ-излучение, поглотители электромагнитного излучения, радиопоглощающие материалы, огнестойкость.

Введение

Для оборудования безэховых камер, имитирующих свободное пространство при испытаниях радиотехнических комплексов и антенных систем различного назначения, экранированных помещений, используемых для проведения аттестационных работ по сертификации технических средств на электромагнитную совместимость, а также для обеспечения защиты обслуживающего персонала от воздействия мощных источников энергии СВЧ, используются поглотители электромагнитного излучения ЭМИ. Они обеспечивают эффективное поглощение электромагнитной энергии в требуемом диапазоне частот при ее незначительном отражении или рассеянии. Как правило, они представляют собой структуры, устройства, конструкции из радиопоглощающих материалов, имеющих определенную последовательность изменений диэлектрических и магнитных свойств.

К поглотителям ЭМИ предъявляются специальные требования как по радиотехническим (максимальное поглощение и минимальное отражение СВЧ-излучения в широком диапазоне частот; слабая зависимость коэффициента отражения от угла падения и вида поляризации электромагнитной волны; максимальная мощность поглощения на единице поверхности поглотителя ЭМИ без нарушения его радиофизических свойств), так и по конструктивно-технологическим и эксплуатационным параметрам. При этом должны быть соблюдены требования к минимальной массе, размерам, механической прочности, надежности и упрощению крепления узлов к рабочим поверхностям, высокой степени огнестойкости и минимально допустимому уровню выделения токсичных и вредных веществ и сохранению радиотехнических и эксплуатационных характеристик в течение длительного срока [1].

Совмещение всех перечисленных требований в одном типе поглотителя ЭМИ – задача в настоящее время трудновыполнимая, поэтому имеется огромное разнообразие номенклатуры данной продукции, различающееся по многим параметрам.

Теоретическая часть

Известные поглотители с геометрическими неоднородностями имеют значительные размеры по сравнению с плоскими поглотителями, однако при этом обладают рядом досто-

инств: наиболее просто реализуется широкая рабочая полоса частот при малом коэффициенте отражения, они достаточно технологичны и обладают хорошими эксплуатационными характеристиками [2]. Поглотители «Универсал-Дельта» представляют собой пирамидальные тонкостенные контейнеры, выполненные из огнестойкого материала и заполненные огнестойкой радиопоглощающей композицией с использованием углеродного волокна, что обеспечивает стабильность радиотехнических и эксплуатационных характеристик поглотителей. Они предназначены для облицовки безэховых камер и экранированных помещений, которые обеспечивают в широком диапазоне частот проведение высокоточных измерений параметров радиоэлектронной аппаратуры, антенной техники и технических средств на электромагнитную совместимость.

Поглотитель «ТОРА» представляет собой диэлектрический радиопоглощающий материал пирамидального типа в виде панелей из эластичного пенополиуретана с углеродным наполнителем и предназначен для покрытия внутренних поверхностей и оборудования рабочих мест в высококачественных безэховых камерах, обеспечивает проведение высокоточных измерений характеристик антенной техники и испытаний радиоэлектронной аппаратуры на электромагнитную совместимость. Поглотитель соответствует санитарно-гигиеническим требованиям безопасности (СанПиН 42-123-4240-86, МУ 2158-80, СанПиН 9-27-94), в процессе эксплуатации не выделяет вредных и токсичных веществ. Для повышения огнестойкости при изготовлении материал поглотителя пропитывается огнезащитным составом и по результатам испытаний, согласно ГОСТ 12.1.044 – 89, относится к группе огнестойких материалов.

Основу радиопоглощающих материалов составляют органические или неорганические вещества, в которые в качестве активной поглощающей компоненты вводят порошки графита, металлов и их карбидов. Для порошковых материалов, предназначенных для объемного поглощения энергии ЭМИ, одним из главных является вопрос о микроструктуре материала [3]. Использование строительных материалов в основе поглотителей ЭМИ позволяет расширить область их применения и увеличить эффективность экранирования электромагнитного излучения. Однако при этом отсутствует соответствие требованиям конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров.

Целью исследования является повышение конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров поглотителей ЭМИ на основе порошкообразных материалов в широком диапазоне длин волн для экранированных помещений, обеспечивающих экологическую безопасность и огнезащиту. Одним из направлений достижения поставленной цели является создание композиционных материалов на основе огнезащитных красок с добавкой порошкообразных мелкодисперсных материалов, обладающих свойствами поглощения мощности электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.

Эксперимент

Для достижения поставленной цели было предложено при разработке радиопоглощающего материала для поглотителя ЭМИ использовать в качестве связующего материала огнестойкую краску [4]. В качестве подложки использовались трикотаж и целлюлоза толщиной 2...4 мм с композиционным покрытием на основе огнестойкой краски и порошкообразным наполнителем (диоксид кремния SiO_2 и шунгит в соотношении 1:1). Полученные образцы поглотителей ЭМИ со слоем композиционного покрытия имели толщину порядка 3,5...5,5 мм. Для полноты эксперимента были изготовлены образцы поглотителей ЭМИ с использованием аналогичных материалов, покрытых огнестойкой краской без наполнителей, толщина которых составила порядка 3...5 мм.

Эффективность экранирования исследуемых образцов поглотителей ЭМИ в диапазоне СВЧ характеризуется коэффициентом ослабления энергии ЭМИ и коэффициентом отражения электромагнитных волн от экрана, для чего использовались панорамные измерители коэффициента стоячей волны (КСВН) и ослабления. Измерения проводились в диапазоне частот 0,7...3,0 ГГц и 2,0...18,0 ГГц после проведения стандартных калибровок на прохождение и отражение.

Использование огнестойкой краски предполагает повышение эксплуатационных параметров, в частности повышение огнестойкости разработанных поглотителей. Используемая в

качестве связующего краска представляет собой смесь пигмента и наполнителя и способна к самопроизвольному затвердению, предотвращая перегревание поверхности, замедляя скорость сгорания. При этом наблюдается уменьшение образования дыма, понижение температуры, что в конечном итоге приводит к самоугасанию пожара [5].

В соответствии с Нормами пожарной безопасности Республики Беларусь образцы имели размер 220×170 мм [5], испытания проводились в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями по ГОСТ 12.1.005 [6]. Температура пламени составляла порядка +1700°C, его высоту регулировали вентилем, и в вертикальном положении горелки она составляла (40±2)мм.

Обсуждение результатов

В исследованных диапазонах частот исследуемые образцы поглотителей ЭМИ толщиной 3,5...5,5 мм создают ослабление ЭМИ порядка 4...9 дБ. Потери энергии ЭМИ в образцах экранов ЭМИ на основе волокнистых материалов, покрытых огнестойкой краской с порошкообразными наполнителями, связаны с возникновением в проводящей сетке углерода в шунгите вихревых токов и диэлектрическими потерями, обусловленными присутствием кремния и небольшого количества связанной воды, сорбированной в пористой структуре шунгита. Коэффициент отражения ЭМИ образцов с огнестойкой краской находится в пределах -5,0...-27,0 дБ в диапазоне частот 0,7...2,7 ГГц, в диапазоне частот 2,0...18,0 ГГц наблюдается рост характеристики коэффициента отражения ЭМИ до значений -5,0...-7,0 дБ, при этом не наблюдается зависимости от материала основы (рис. 1). Введение в состав краски шунгитно-силикатных порошков увеличивает значение коэффициента отражения ЭМИ образцами на 5,0...7,0 дБ в диапазоне частот 1,5...2,7 дБ вследствие повышения электропроводности среды из-за присутствия углеродных включений.

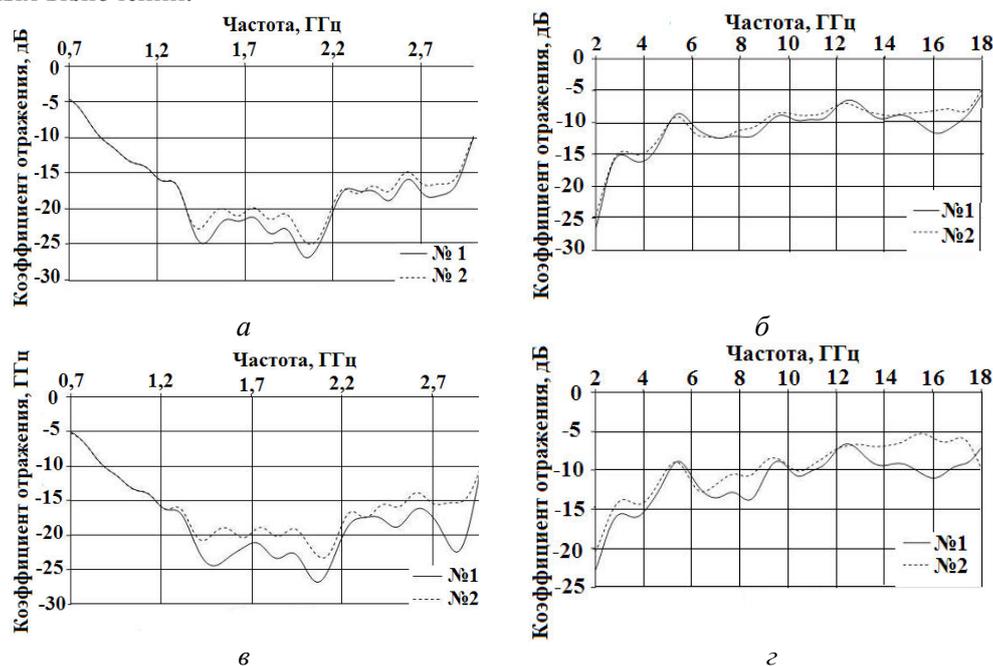


Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента отражения ЭМИ в диапазонах 0,7...3,0 ГГц и 2...18 ГГц образцов на основе: а, б - трикотажа; в, г - целлюлозы; 1 - покрытие огнезащитной краской, 2 - покрытие огнезащитной краской с порошкообразным наполнителем

Размещение металлического отражателя позади экспериментальных образцов приводит к значительному увеличению характеристик коэффициента отражения ЭМИ (на 5...25 дБ), что обусловлено дополнительным отражением электромагнитных волн от металла. Отражение электромагнитной энергии достигает -1...-3 дБ при использовании отражателя для образцов на основе трикотажа и до -1...-8 дБ при использовании целлюлозы в качестве основы исследуемых образцов.

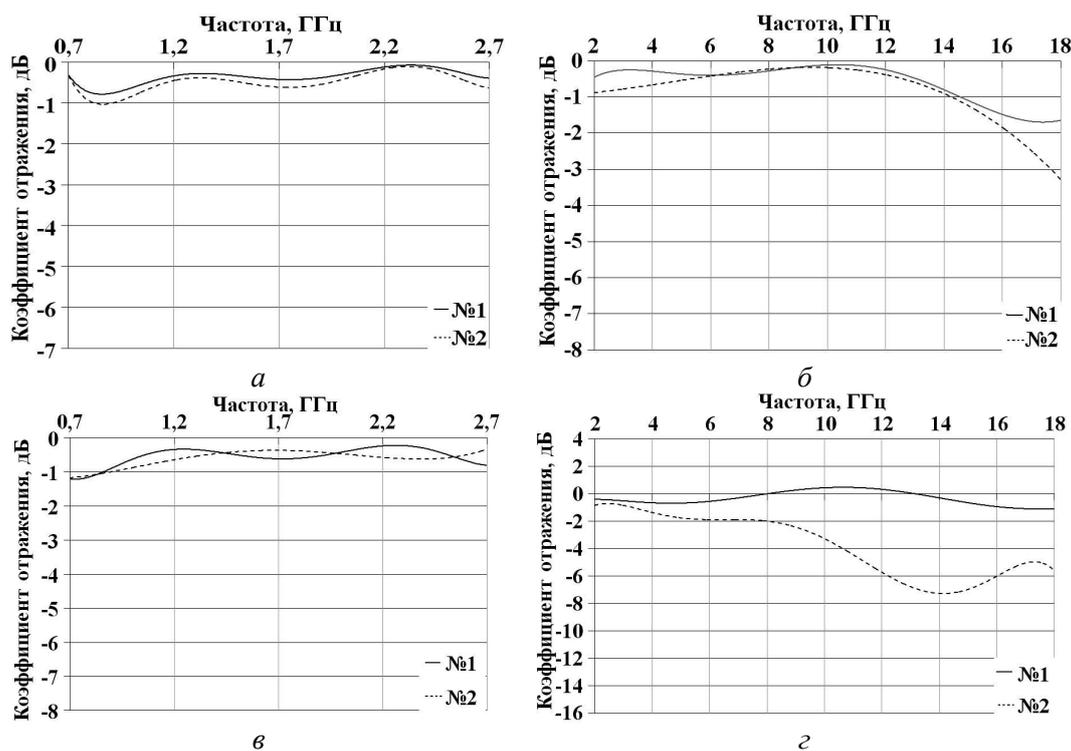


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения ЭМИ в диапазонах 0,7...3,0 ГГц и 2...18 ГГц образцов с металлом на основе: а, б - трикотажа; в, г - целлюлозы; 1 – покрытие огнезащитной краской, 2 – покрытие огнезащитной краской с порошкообразным наполнителем

В результате исследования огнестойкости разработанных образцов поглотителей ЭМИ установлено прогорание образцов, покрытых огнезащитной краской через 7,24 с при использовании в качестве подложки трикотажа и через 37,29 с при использовании для подложки целлюлозы, с образованием в обоих случаях отверстий диаметром 40 мм и оугливанием краев материала подложек образцов. Увеличение времени прогорания разработанных образцов до 9,72 с для трикотажного материала подложки и на менее 12 мин. для целлюлозы с образованием кокса было достигнуто введением в состав огнестойкой краски порошкообразного наполнителя. Полученный результат огнестойкости для образцов на основе целлюлозы определяется не только использованием композиционного огнестойкого покрытия, но и материалом подложки, который отличается гигроскопичностью и внутриволоконной диффузией, что обеспечивает образование большего количества кокса на поверхности образцов с повышением температуры, увеличивая время прогорания образцов.

Изменение характеристик ослабления и коэффициента отражения ЭМИ исследуемых образцов в результате воздействия открытого пламени высокой температуры наблюдается в пределах $\pm 1,2$ дБ в диапазоне частот от 0,7 до 3,0 ГГц и $\pm 2,0$ дБ в диапазоне 2,0...18 ГГц.

Заключение

Установлена эффективность экранирования в диапазоне частот 0,7...3,0 ГГц и 2,0...18 ГГц исследуемыми образцами поглотителей ЭМИ на основе трикотажных и целлюлозных материалов с композиционным огнестойким покрытием, что позволило повысить конструктивно-технологические и эксплуатационные параметры разработанных образцов поглотителей ЭМИ для экранированных помещений. Использование целлюлозы в качестве подложки в сочетании с композиционным покрытием позволило стабилизировать экранирующие характеристики независимо от условий их эксплуатации, а также увеличить время прогорания образцов до 12 мин. и более благодаря высокой изолирующей способности коксоподобной пористой структуры на поверхности образцов, образующейся при взаимодействии с открытым пламенем.

ABSORBENTS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION BASED ON THE FIRE-PROOF PAINTS WITH POWDER-LIKE FILLER

D.N. LISOVSKIY, M.SH. MAHMUD, G.A. VLASOVA, T.A. PULKO

Abstract

Composite materials painted by fire-proof paints with powder-like fillers based on schumgite absorb the electromagnetic radiation in the wide range. These materials were proposed to improve the constructional and working parameters of electromagnetic radiation absorbents and protect buildings and provide environmental safety.

Список литературы

1. Штогрин В.И., Швырев Ю.Н., Шатохин А.Н. и др. // Афіцыйны бюл. 2010. №7. С. 21.
2. Байдин Ф.Н., Никитина В.Н., Сафронов Н.Б. // Сборник докладов Девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности. СПб., 2006. С. 292–294.
3. Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г. // Безопасность жизнедеятельности. 2005. №12. С. 34–36.
4. Лаборатория Лимен [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lablimen.com/i/upload/Catalog/item_17_125.doc.
5. НПБ 80-2003. Материалы текстильные. Методы испытания на воспламеняемость. Классификация. Минск, 2003.
6. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М., 1988.