

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

О.В.Бойправ, Х.Д.А. Абдулхади, А.М. Прудник (Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск); **Т.М. Кудрявцева** (АО «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности, г. Москва)

Защита организма человека от воздействия электромагнитных излучений предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Радиопоглощающие материалы (РПМ), первоначально применявшиеся при защите объектов военной техники, стали эффективным средством решения этих проблем в среде обитания человека. Широкое применение в промышленности, в том числе при создании спецодежды и конструкций для обеспечения электромагнитной совместимости, нашли гибкие электромагнитные экраны (ЭМЭ) на основе тканых и нетканых материалов. Для изготовления широкодиапазонных экранов ЭМИ применяются различные составы, объединяемые в единый композиционный материал, важными характеристиками которого являются его толщина и масса.

В работе выполнено обоснование сочетания материалов, предназначенных для защиты биологических объектов от электромагнитного излучения, а также проведено исследование характеристик отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

В качестве основы для РПМ было выбрано нетканое иглопробивное полотно, которое состоит из полиэфирных волокон (70%), полипропиленовых волокон (20%) и угольного волокна УГЦВ-1-Р (10%). Толщина полотна изменяется от 4,7 до 6 мм, а поверхностная плотность — от 250 до 305 г/м². Данный материал обладает низкой прочностью, высокой гигроскопичностью, а также не накапливает электрический заряд. Полотно является экранирующим материалом, коэффициент передачи электромагнитного

излучения которого составляет 0...–4,2 дБ в диапазоне частот 0,7—2 ГГц и –1...–9,6 дБ в диапазоне частот 2—17 ГГц.

Помимо стабильных экранирующих характеристик важным требованием, предъявляемым к ЭМЭ, является их огнестойкость. Воздействие открытого пламени может привести к необратимым трансформациям поверхности, химического состава и макроструктуры разработанных составов РПМ и, как следствие, к изменению экранирующих характеристик.

Для выполнения требований, связанных с устойчивостью разрабатываемых материалов к воздействию открытого пламени, предлагается окраска материалами, содержащими антипирены. В частности, предлагается изготовление экранирующих красок из огнезащитного состава «АгниТерм М» с добавлением порошкообразных мелкодисперсных материалов, обладающих свойствами поглощения энергии электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.

Огнезащитный состав «АгниТерм М» предназначен для нанесения покрытия, обеспечивающего пассивную противопожарную защиту путем образования под воздействием высокой температуры трудногорючего пенообразного термоизолирующего слоя. Огнезащитный состав представляет собой суспензию пигментов, реактивных и инертных наполнителей с модифицирующими добавками в стабилизированной водной дисперсии синтетических полимеров или органическом растворе синтетических полимерных смол.

На основе выполненного выбора и обоснования тканых и волокнистых основ и способов отделки были изготовлены экспериментальные образцы композиционных радиопоглощающих материалов.

Таблица 1. Состав РПМ на основе иглопробивного волокнистого материала

Связующее	Процентное содержание, об. %	Порошкообразный материал	Процентное содержание, об. %
Состав «АгниТерм М»	50	Магнитный порошок ММ2500	50
Состав «АгниТерм М»	50	Проводящий порошок шунгит	50
Состав «АгниТерм М»	60	Диэлектрический порошок TiO ₂	40
Состав «АгниТерм М»	70	Диэлектрический порошок силикагель	30

Таблица 2. Состав РПМ на основе целлюлозы

Связующее	Процентное содержание, об. %	Порошкообразный материал	Процентное содержание, об. %
Состав «АгниТерм М»	50	Магнитный порошок ММ2500	50
Состав «АгниТерм М»	50	Проводящий порошок шунгит	50
Состав «АгниТерм М»	60	Диэлектрический порошок TiO_2	40
Состав «АгниТерм М»	70	Диэлектрический порошок силикагель	30

С использованием в качестве связующего материала расплюемого клея и краски на основе огнезащитного состава «АгниТерм М» были изготовлены образцы с радиопоглощающими покрытиями, в качестве которых использовались следующие порошки: магнитный порошок ММ2500, проводящий порошок шунгита, диэлектрический порошок диоксида титана (TiO_2) и диэлектрический порошок силикагеля, которые наносились на нетканое иглопробивное полотно.

В табл. 1 приведено процентное содержание используемых материалов. Образцы изготавливались на основе иглопробивного волокнистого материала с радиопоглощающим покрытием, в качестве которого использовался огнезащитный состав «АгниТерм М» с добавлением магнитного порошка ММ2500, проводящего порошка шунгита, диэлектрического порошка диоксида титана (TiO_2) и диэлектрического порошка силикагеля.

В табл. 2 приведено процентное содержание используемых материалов. Образцы изготавливались на основе целлюлозы с радиопоглощающим покрытием, в качестве которого использовался огнезащитный состав «АгниТерм М» с добавлением магнитного порошка ММ2500, проводящего порошка шунгита, диэлектрического порошка диоксида титана (TiO_2) и диэлектрического порошка силикагеля.

В табл. 3 приведено процентное содержание используемых материалов. Образцы изготавливались на основе шерстяной ткани с радиопоглощающим покрытием, в

качестве которого использовался огнезащитный состав «АгниТерм М» с добавлением магнитного порошка ММ2500, проводящего порошка шунгита, диэлектрического порошка диоксида титана (TiO_2) и диэлектрического порошка силикагеля.

Эффективность экранирования ЭМИ образцами РПМ оценивалась соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней этого материала и характеризовалась коэффициентами отражения и передачи ЭМИ. Для исследования экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу отдельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. В результате исследования экранов ЭМИ были получены коэффициенты передачи и отражения мощности энергии ЭМИ от образца.

Исследованные частотные характеристики коэффициентов отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7—17 ГГц иглопробивными неткаными волокнистыми материалами, содержащими до 10% углеродных волокон, показали возможность их использования в качестве широкодиапазонных экранов ЭМИ. При этом наиболее эффективным представляется использование в клеях и красках порошкообразных наполнителей всех исследуемых типов в зависимости от области применения ЭМЭ. Установлено повышение коэффициента передачи от 4 до 14 дБ с расширением частотного диапазона с 2 до 17 ГГц.

Таблица 3. Состав радиопоглощающего покрытия на основе шерстяной ткани

Связующее	Процентное содержание, об. %	Порошкообразный материал	Процентное содержание, об. %
Состав «АгниТерм М»	50	Магнитный порошок ММ2500	50
Состав «АгниТерм М»	50	Проводящий порошок шунгит	50
Состав «АгниТерм М»	60	Диэлектрический порошок TiO_2	40
Состав «АгниТерм М»	70	Диэлектрический порошок силикагель	30